



**PROFIL SENYAWA LINAMARIN PADA UMBI SINGKONG DENGAN  
BEBERAPA TEKNIK PEMASAKAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Mohammad Mardiyanto**

**131710101068**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**2017**



**PROFIL SENYAWA LINAMARIN PADA UMBI SINGKONG DENGAN  
BEBERAPA TEKNIK PEMASAKAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Mohammad Mardiyanto**

**131710101068**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**2017**

## PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini untuk :

1. Allah SWT, puji syukur atas segala rahmat dan nikmat-Nya yang telah memudahkan segala persoalan sampai saat ini, semoga hamba selalu mendapat ampunan dan ridho-Nya serta petunjuk agar selalu berada pada koridor jalan lurus-Mu
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman penuh keindahan yaitu *addinul islam*.
3. Orangtua tercinta, terkasih dan tersayang, Mama Kuswati dan Bapak Munir yang selalu memberikan aliran do/a dan semangatnya sehingga saya sampai pada jenjang ini.
4. Orang tua angkat Mama Halim dan Ayah Achmad Zaini yang juga selalu memberikan dukungannya.
5. Mbak Yatik Suwarni dan Halimatus Sa'diyah serta Adik Mohammad Rizal Ramadhani yang selalu memberi warna dalam keragaman keluarga
6. Seluruh keluarga besar Bani Abdullah dan Bani Jumadin yang menjadikan warna berbeda pada kehidupan saya.
7. DPU Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D, DPA Nurul Isnaini Fitriyana S.TP., M.P dan semua dosen serta karyawan Fakultas Teknologi Pertanian.
8. Guru-guruku SD Plus Darus Sholah, SMPN 5 Jember, SMA Unggulan BPPT Darus Sholah sampai dengan perguruan Tinggi
9. Seluruh sahabat, teman satu perjuangan THP 2013, satu angkatan FTP 2013 dan Himagihasta FTP Universitas Jember.
10. Almamater Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

**MOTTO**

*“ ... Sesungguhnya sesudah kesulitan itu adalah kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanlah hendaknya kamu berharap”  
(QS. Al-Insyirah 94;6-8)*

*“Dan orang-orang yang beriman (kepada Allah) dan mengerjakan kebajikan serta beriman kepada apa yang diturunkan kepada Muhammad, dan itulah kebenaran dari tuhan mereka, Allah menghapus kesalahan-kesalahan mereka dan memperbaiki keadaan mereka”  
(QS. Muhammad 47;2)*

*“...Sungguh, usahamu memang beraneka ragam. Maka barang siapa memberikan (hartanya di jalan Allah) dan bertakwa, dan membenarkan (adanya pahala) yang terbaik (surga), maka akan Kami mudahkan baginya jalan menuju kemudahan (Kebahagiaan)”  
(QS. Al-Lail 92;4-7)*

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Mardiyanto

NIM : 131710101068

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Profil Senyawa Linamarin pada Umbi Singkong dengan Beberapa Teknik Pemasakan” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harusnya dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan

Mohammad Mardiyanto

NIM. 131710101068

SKRIPSI

PROFIL SENYAWA LINAMARIN PADA UMBI SINGKONG DENGAN  
BEBERAPA TEKNIK PEMASAKAN

oleh :

**Mohammad Mardiyanto**

**NIM 131710101068**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Isnani Fitriyana S.TP., M.P

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Profil Senyawa Linamarin pada Umbi Singkong dengan Beberapa Teknik Pemasakan” karya dari Mohammad Mardiyanto, NIM 131710101068 telah diujikan dan disahkan pada

hari / tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., P.hD  
NIP. 196905171992011001

Nurul Isnaini Fitriyana S.TP., M.P  
NIP. 197809202012122001

Ketua

Tim Penguji

Anggota

Dr. Puspita Sari S.TP., M.Ph  
NIP. 197203011998022001

Ahmad Nafi' ST.P., M.P  
NIP. 197804032003121003

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng  
NIP 196809231994031009

## RINGKASAN

**Profil Senyawa Linamarin pada Umbi Singkong dengan Beberapa Teknik Pemasakan;** Mohammad Mardiyanto; 131710101068; 2017; 47 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Singkong merupakan bahan pangan yang termasuk dalam umbi-umbian. Singkong memiliki potensi sebagai bahan pangan fungsional sebagai antikanker karena memiliki kandungan senyawa glukosida sianogenik berupa senyawa linamarin dan lotaustralin dengan perbandingan 10:1, dengan jumlah perbandingan yang cukup signifikan menunjukkan senyawa linamarin yang berperan penting sebagai potensi fungsional antikanker. Akan tetapi, singkong merupakan bahan pangan yang tidak dapat dikonsumsi secara langsung sehingga perlu dilakukan proses pengolahan untuk mengonsumsi singkong. Proses pengolahan singkong yang paling umum dilakukan adalah pemasakan secara langsung meliputi proses perebusan, pengukusan dan penggorengan. Namun, adanya proses pemasakan pada singkong berindikasi terjadinya penurunan dan perubahan profil senyawa linamarin. Oleh karena itu, perlu dilakukan eksplorasi untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa dan pengaruh pemasakan terhadap senyawa linamarin umbi singkong.

Penelitian ini dilakukan dalam tiga yaitu proses pemasakan singkong, pembuatan ekstrak singkong kasar dan ekstraksi senyawa linamarin. Varietas singkong yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas manis yaitu Cimanggu dan Ketan. Adapaun analisis yang dilakukan adalah identifikasi senyawa linamarin menggunakan LC-MS/MS (*Liquid Chromatography-Mass Spectrometry*) dan analisis profil senyawa linamarin menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen sampel yang terekstrak pada proses perebusan untuk varietas Cimanggu sebesar 0,98% dan Ketan sebesar 0,92%. Rendemen sampel terekstrak dari singkong hasil pengukusan varietas Cimanggu dan Ketan sebesar 1,14% dan 0,98%, sedangkan rendemen dari ekstrak singkong hasil penggorengan varietas Cimanggu dan Ketan sebesar 1,04% dan 0,96%. Senyawa linamarin teridentifikasi pada LC-MS/MS dengan  $m/z$  265 dan optimum pada RT (*Retention Time*) 0,92 menit. Penentuan konsentrasi senyawa linamarin dilakukan berdasarkan *spike* glukosa, sehingga hasil yang diperoleh ekuivalen glukosa. Penurunan senyawa linamarin ekuivalen glukosa pada proses perebusan berkisar 13,85–20,61%, pengukusan 52,05–58,07% dan penggorengan 31,39–47,95%. Hasil pengujian profil linamarin menunjukkan pita alifatik yang tervibrasi pada transmittan 1–100% dan panjang gelombang 4.000 – 500  $\text{cm}^{-1}$  adalah O-H, C-H, C-O,  $\text{C}\equiv\text{N}$  dan tidak terbentuk CN amida.

## SUMMARY

**Profile of Linamarin Compound on Cassava Bulbs with Several Cooking Techniques;** Mohammad Mardiyanto; 131710101068; 2017; 47 page; Departement of Agricultural Product Technology Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

Cassava is the ingredients that are included in the tubers. Cassava has potential as functional food as anticancer because it contains cyanogenic glucoside compound, form of linamarin and lotaustralin compounds with a ratio of 10: 1. The significant number of comparisons showing linamarin compounds that play an important role as anticancer functional potential. However, cassava is a food that can not be consumed directly so it needs to be processed to consume. The most common process of cassava is direct cooking including boiling, steaming and frying process. However, the cooking process on cassava indicates the decrease and damage of linamarin compound. Therefore, it is necessary to explore the stability of the linamarin compound and the influence of cooking on cassava linamarin.

This research is done in three steps, process of cooking of cassava, making of crude cassava extract and extraction of linamarin compound. Cassava varieties used in this research are sweet varieties of Cimanggu and Ketan. The analyzes were linamarin compound identification using Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS/MS) and linamarin compound profile analysis using Fourier Transform Infrared (FTIR).

The results showed that the rendement extracted in the boiling process for Cimanggu varieties of 0,98% and Ketan of 0,92%. The rendement of the extracted sample from cassava steam cultivation of Cimanggu and Ketan varieties was 1,14% and 0,98%, while extract from Cimanggu and Ketan fried cassava were 1,04% and 0,96%. Linamarin compounds were identified in LC-MS/MS with m/z 265 and optimum in Retention Time 0.92 min. Determination of the concentration linamarin compounds was done based on the glucose spike, so the results obtained were equivalent to glucose. The decrease of linamarin equivalent of glucose in the boiling process ranged from 13,85-20,61%, steaming 52,05-58,07% and frying from 31,39-47,95%. The results of the linamarin profile test showed the aliphatic bands that were vibrated on the transmittance of 1-100% and the wavelengths of 4000-500  $\text{cm}^{-1}$  were O-H, C-H, C-O,  $\text{C}\equiv\text{N}$  and CN-amida.

## PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan berkat-Nya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Senyawa Linamarin pada Umbi Singkong dengan Beberapa Teknik Pemasakan” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Dr. Siswoyo Soekarno S.TP., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
2. Ir. Giyarto M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
3. Ahmad Nafi' S.TP., M.P selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
4. Dr. Bambang Herry Purnomo S.TP., M.Si dan Nurud Diniyah S.TP., M.P selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
5. Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nurul Isnaini Fitriyana S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan didikan dengan sabar tulus dalam penyusunan skripsi;
6. Dr. Puspita Sari S.TP., M.Ph dan Ahmad Nafi' S.TP., M.P selaku tim penguji yang telah memberikan evaluasi dan saran demi perbaikan penulisan skripsi;
7. Seluruh dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang senantiasa mendidik dan membimbing sampai tercapainya gelar sarjana;
8. Seluruh teknisi laboratorium Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (Pak Mistar, Mbak Ketut, Mbak Neni dan Mbak Wim), teknisi Politeknik Negeri Malang (Bapak Kaliawan) dan teknisi Politeknik Negeri Jember (Ibu Yenis) yang telah memberikan masukan, sehingga proses penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar;

9. Seluruh staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang selalu memberikan pelayanan terbaiknya guna menunjang terciptanya perkuliahan yang nyaman dan aman;
10. Orang tua saya, Mama Kuswati dan Bapak Munir. Orang tua angkat saya Mama Halimah dan Ayah Ahmad Zaini. Saya ucapkan terima kasih atas do'a, dukungan, perjuangan, pengorbanan serta kasih sayangnya sehingga dapat mengantarkan saya sampai pada jenjang ini;
11. Mbak Halimatus Sa'diyah dan Yatik Suwarni serta Adik Mohammad Rizal Ramadhani, terima kasih atas dukungan dan pendampingannya;
12. Seluruh sahabat satu perjuangan THP "Amazing" 2013, satu angkatan FTP "Super" 2013 dan satu visi-misi Himagihasta FTP Universitas Jember;
13. Almamater Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
14. Teman-teman THP B 2013 yang tergabung dalam "Kapak Cooperation" tetap semangat dan terima kasih atas inspirasi serta motivasinya selama penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan memotivasi, baik dari segi isi maupun susunan komponen penulisannya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi semua pihak khususnya pembaca.

Jember, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Singkong</b> .....	4
<b>2.2 Singkong sebagai Tanaman Sianogenik</b> .....	5
<b>2.3 Linamarin</b> .....	6
<b>2.4 Sifat Fungsional Linamarin</b> .....	7
<b>2.5 Teknik Isolasi dan Analisis Linamarin</b> .....	8
2.5.1 Teknik Isolasi Linamarin .....	8
2.5.2 Sistem Analisis Linamarin .....	10
a. LC-MS/MS ( <i>Liquid Chromatography-Mass Spectrometry</i> ) ..	10
b. FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ) .....	11

2.6 Teknik Pemasakan Singkong .....	12
2.6.1 Perebusan .....	12
2.6.2 Pengukusan .....	12
2.6.3 Penggorengan .....	12
<b>BAB 3. METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Bahan Penelitian .....	14
3.2.2 Alat Penelitian .....	14
<b>3.3 Rancangan Percobaan dan Pelaksanaan Penelitian .....</b>	<b>14</b>
3.3.1 Rancangan Percobaan .....	14
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian .....	15
a. Proses Pemasakan pada Singkong.....	15
b. Pembuatan Ekstrak Singkong .....	16
c. Ekstraksi Senyawa Linamarin .....	17
<b>3.4 Parameter Pengamatan .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Prosedur Analisis .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 Identifikasi Senyawa Linamarin Menggunakan LC-MS/MS .....	20
3.5.2 Analisis Profil Senyawa Linamarin Menggunakan FTIR .....	20
<b>3.6 Analisis Data .....</b>	<b>19</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Rendemen .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Identifikasi Keberadaan Senyawa Linamarin .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Konsentrasi Senyawa Linamarin Berdasarkan <i>Spike</i> Glukosa .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 Analisis Profil Senyawa Linamarin Menggunakan FTIR .....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>34</b>

DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.3.1</b> Kombinasi perlakuan .....	15
<b>Tabel 4.2.1</b> Data RT dan luas area dari identifikasi senyawa linamarin .....	24
<b>Tabel 4.3.1</b> Konsentrasi senyawa linamarin berdasarkan metode <i>spike</i> glukosa	25
<b>Tabel 4.4.1</b> Tabulasi pita unsur alifatik pada senyawa linamarin .....	28

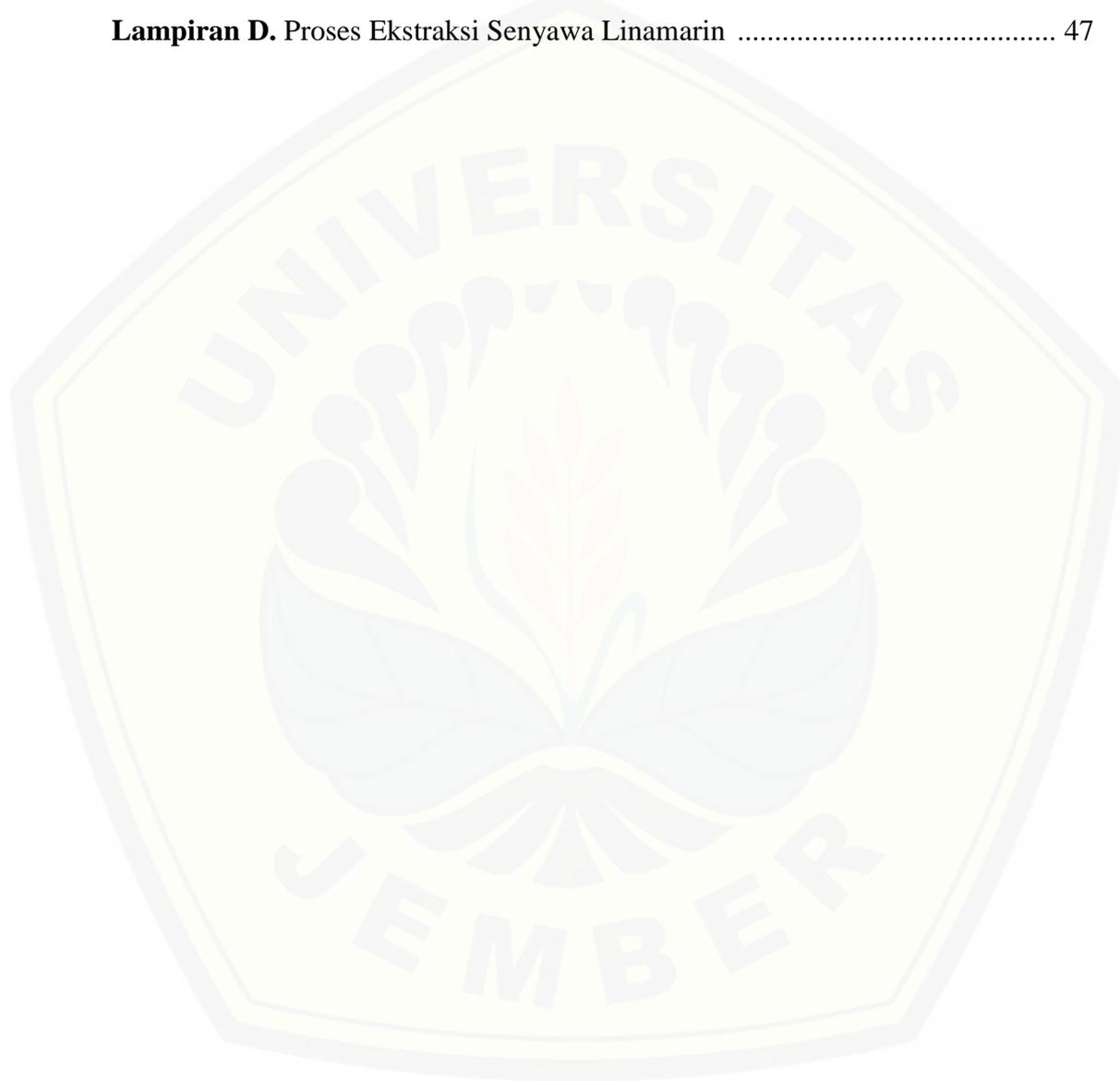


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Tanaman singkong .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Struktur molekul senyawa linamarin .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Ultrafiltrasi miniflek .....	8
<b>Gambar 2.4</b> Prinsip kerja membran ultrafiltrasi .....	10
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir proses pemasakan singkong .....	16
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alir proses pembuatan ekstrak singkong .....	17
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir ekstraksi senyawa linamarin .....	18
<b>Gambar 4.1</b> Berat hasil ekstrak senyawa linamarin singkong .....	20
<b>Gambar 4.2</b> TIC ( <i>Total Ion Chromatography</i> ) LC-MS/MS .....	21
<b>Gambar 4.3</b> Kromatogram senyawa linamarin .....	22
<b>Gambar 4.4</b> Spektrum massa senyawa linamarin .....	22
<b>Gambar 4.5</b> Hasil identifikasi senyawa linamarin pada beberapa perlakuan .....	23
<b>Gambar 4.6</b> Persentase penurunan senyawa linamarin akibat pemasakan .....	25
<b>Gambar 4.7</b> Hasil analisis menggunakan FTIR sampel senyawa linamarin .....	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A.</b> Data hasil pengamatan berat sampel .....	34
<b>Lampiran B.</b> Data hasil analisis LC-MS/MS .....	36
<b>Lampiran C.</b> Data hasil analisis FTIR .....	40
<b>Lampiran D.</b> Proses Ekstraksi Senyawa Linamarin .....	47



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produksi singkong di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 21.791 ribu ton, dengan luas lahan panen 949 ribu hektar (Badan Pusat Statistik, 2016). Data produksi singkong tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah produksi jenis umbi lainnya. Produktivitas singkong diproyeksikan akan meningkat seiring diberlakukannya Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2015-2019. Selain sebagai makanan pokok, singkong memiliki efek fungsional sebagai antikanker (Marinela, 2009) atau disebut dengan *cassava treatment methodology* (Nambisan, 1999). Keunggulan singkong dibandingkan dengan jenis umbi yang lain yaitu memiliki komponen berupa senyawa glukosida sianogenik yang terdiri dari linamarin (*2-β-D-glucopyranoxyloxy-2-methylpropanenitrile*) dan lotaustralin (*((2R)-β-D- glucopyranoxyloxy-2-methylbutyronitrile*) (Paifan *et al.*, 2004) yang berpotensi sebagai senyawa bioaktif. Senyawa linamarin dan lotaustralin pada singkong memiliki perbandingan 10:1 (Bradburry *et al.*, 1991; Nambisan, 1999).

Linamarin termasuk dalam senyawa glukosida sianogenik yang merupakan turunan dari valin (Paifan *et al.*, 2004). Linamarin (C<sub>10</sub>H<sub>17</sub>NO<sub>6</sub>) juga dikenal sebagai phaseolhunatin yang memiliki berat molekul 247,24 g/mol. Komposisi linamarin secara fitokimia terdiri dari C 48,8%, H 6,8%, N 5,6% dan O 38,8% (Seigler, 1975 dalam Idibie, 2006). Linamarin dapat terhidrolisis oleh enzim β-glukosidase menjadi glukosa dan *acetocyanohidrin* (Haque, 2003). Penguraian metabolik linamarin oleh enzim hidrolase (pada sel kanker) mengakibatkan terbentuknya gula keton dan senyawa sianida. Sianida yang dihasilkan secara alami dalam tubuh (Mingi *et al.*, 1992) akan bersifat sitotoksik yang berpotensi membunuh sel kanker dengan jalan menghambat sitokrom oksidase pada rantai transpot elektron di mitokondria (Saidu, 2004).

Pada dasarnya, linamarin tidak beracun dan apabila dikonsumsi akan melewati sistem metabolisme dalam tubuh (Mingi *et al.*, 1992). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa linamarin yang terdapat pada singkong dapat melewati proses metabolisme dalam tubuh tanpa mengalami perubahan terhadap

strukturnya selama 24 jam dan dikeluarkan dari tubuh melalui sekresi urin (Brimer dan Roseling, 1993; Carlson *et al.*, 1992).

Potensi singkong sebagai agen antikanker sudah sejak lama ditemukan dan dikembangkan oleh masyarakat cina (Lyuke, 2004). Akan tetapi, singkong tidak termasuk bahan pangan yang dapat dikonsumsi secara langsung sehingga perlu dilakukan proses pengolahan atau pemasakan sebelum dikonsumsi sehari-hari maupun yang akan digunakan untuk keperluan terapi.

Singkong dapat diolah dengan menggunakan beberapa teknik pemasakan yaitu perebusan, pengukusan dan penggorengan. Menurut Murdiana *et al.* (2000) proses pemasakan pada singkong dapat mempermudah singkong untuk dikonsumsi dan menstabilkan beberapa komponen kimia pada singkong. Proses pemasakan pada singkong umumnya menggunakan suhu tinggi dengan rentang waktu sedang sampai lama. Menurut Palupi *et al.* (2007) proses pengolahan bahan pangan dengan suhu tinggi akan mempengaruhi beberapa senyawa yang terdapat didalamnya. Senyawa-senyawa tersebut dapat stabil ataupun rusak pada proses pemasakan tergantung dari jenisnya (Palupi *et al.*, 2007). Oleh karena itu, perlu dilakukan Identifikasi dan pengujian profil senyawa linamarin pada singkong hasil proses pemasakan. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai informasi yang menggambarkan dan mentabulasi profil senyawa linamarin pada umbi singkong hasil dari perebusan, pengukusan dan penggorengan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Singkong memiliki potensi sebagai alternatif pangan fungsional, karena mengandung senyawa glukosida sianogenik (Idibie, 2006) yang terdiri dari 93% linamarin dan 7% lotaustralin (Liangcheng *et al.*, 1995). Akan tetapi, singkong merupakan bahan pangan yang tidak dapat dikonsumsi secara langsung sehingga perlu dilakukan proses pengolahan atau pemasakan. Proses pemasakan singkong dapat dilakukan secara langsung yang meliputi perebusan, pengukusan dan penggorengan. Menurut Palupi *et al.* (2007) pengolahan bahan pangan dengan suhu tinggi dapat mempengaruhi senyawa-senyawa yang terdapat didalamnya. Senyawa-senyawa tersebut dapat bersifat stabil ataupun rusak pada proses pengolahan suhu tinggi tergantung jenis dan karakteristiknya (Palupi *et al.*, 2007).

Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian dan telaah mendalam terhadap senyawa linamarin pada singkong hasil pemasakan. Penggunaan linamarin pada singkong sebagai salah satu pangan fungsional antikanker dihadapkan pada beberapa masalah yaitu belum diketahui profil linamarin singkong hasil pemasakan (perebusan, pengukusan dan penggorengan), sehingga diperlukan identifikasi profil linamarin pada singkong hasil perebusan, pengukusan dan penggorengan. Hasil identifikasi dan analisis profil senyawa linamarin singkong dapat digunakan sebagai informasi dalam menunjang singkong sebagai pangan fungsional.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui adanya perbedaan dan perubahan profil senyawa linamarin umbi singkong hasil perebusan, pengukusan dan penggorengan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mendorong penggalan sumber-sumber pangan fungsional dari bahan pangan lokal.
2. Meningkatkan nilai tambah (*added value*) singkong yang selama ini masih belum dimanfaatkan sebagai pangan fungsional.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Singkong

Singkong merupakan jenis tanaman perdu yang dapat hidup sepanjang tahun. Singkong mudah ditanam dan dibudidayakan, dapat ditanam di lahan yang kurang subur, resiko gagal panen 5% dan tidak memiliki banyak hama. Tanaman ini mempunyai umur rata rata 7 hingga 12 bulan. Singkong mempunyai umbi atau akar pohon berdiameter rata-rata 5-10 cm lebih dan panjang 50-80 cm. Daging umbinya ada yang berwarna putih atau kekuning-kuningan (Soemarjo, 1992).

Singkong segar mempunyai komposisi kimiawi terdiri dari kadar air sekitar 60%, pati 35%, serat kasar 2,5%, kadar protein 1%, kadar lemak, 0,5% dan kadar abu 1%, sehingga dapat disebut sebagai sumber karbohidrat dan serat makanan, namun singkong memiliki sedikit kandungan zat gizi seperti protein dan vitamin. Singkong segar mengandung senyawa glukosida sianogenik yang apabila terjadi proses oksidasi oleh enzim linamarase akan dihasilkan glukosa dan asam sianida (HCN). Keberadaan asam sianida ditandai dengan bercak warna biru, kemudian menjadi toxin (racun) bila dikonsumsi pada kadar HCN lebih dari 50 ppm (Agroinovasi, 2011).

Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) bidang Pertanian (2011) Pengelompokan singkong berdasarkan kadar HCN dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu :

- a. Singkong tidak boleh dikonsumsi bila kadar HCN lebih dari 100 ppm (rasa pahit), seperti varietas Adira II, Adira IV dan Thailand.
- b. Singkong dianjurkan tidak dikonsumsi bila kadar HCN 40 – 100 ppm (agak pahit), seperti varietas UJ-5.
- c. Singkong boleh dikonsumsi kadar HCN kurang dari 40 ppm (tidak pahit), seperti varietas Adira I, Manado dan Mentega.

Penelitian singkong terbaru menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara kadar HCN singkong segar dengan kandungan pati. Semakin tinggi kadar HCN semakin pahit dan kadar pati meningkat dan sebaliknya. Oleh karenanya, industri tapioka umumnya menggunakan varietas berkadar HCN tinggi (varietas pahit).

Menurut Lingga (1986) berdasarkan umurnya singkong dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Berumur pendek. Singkong yang berumur pendek berarti usia sejak mulai tanam sampai musim panen relatif lebih singkat yakni berumur 5 – 8 bulan. Dalam usia itu singkong dapat dipanen hasil maksimal. Apabila panennya ditunda atau diperpanjang dari usia sebenarnya akan timbul masalah yaitu umbi menjadi berkayu.
- b. Berumur panjang. Jenis kedua yaitu yang berumur panjang antara 12 – 18 bulan. Bila dipanen sebelum usia tersebut, hasilnya kurang baik, karena ukuran umbi relatif kecil dan kandungan patinya sedikit. Jadi paling tepat untuk dipanen setelah berumur 12-19 bulan. Penampakan singkong dapat dilihat pada

**Gambar 2.1.**



**Gambar 2.1** Tanaman singkong (Idibie, 2006)

Umumnya daging umbi singkong berwarna putih atau kekuning – kuningan, untuk singkong yang rasanya manis menghasilkan paling sedikit 20 mg HCN per kilogram umbi akar yang masih segar dan 50 kali lebih banyak pada umbi yang rasanya pahit. Pada jenis singkong yang pahit, proses pemasakan sangat diperlukan untuk menurunkan kadar racunnya. Umbi singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Dalam hal ini umbi singkong mudah sekali rusak, ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun bagi manusia (Koswara, 2009).

## 2.2 Singkong sebagai Tanaman Sionogenik

Singkong adalah tanaman sianogenik yang mengandung dua jenis glukosida sianogen yaitu linamarin ( $2\text{-}\beta\text{-D-glucopyranoxyloxy-2-methylpropanenitrile}$ ) dan lotaustralin ( $((2R)\text{-}\beta\text{-D-glucopyranoxyloxy-2-methylbutyronitrile}$ ) (Paifan *et*

*al.*, 2004). Senyawa linamarin dan lotaustralin yang terdapat singkong memiliki perbandingan 10:1 (Djazuli dan Bradburry, 1999; Nambisan, 1999)

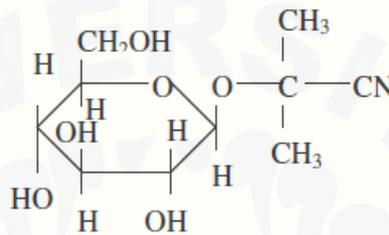
Varietas singkong yang berbeda menunjukkan kandungan senyawa glukosida yang berbeda pula. Kandungan linamarin pada setiap varietas singkong berbeda-beda berkisar antara 25-250 ug ekivalen sianida/g. Menurut Elias *et al.* (1997) perbedaan kandungan linamarin tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan laju biosintesis dan degradasi senyawa glukosida sianogen pada singkong. Faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan kandungan senyawa glukosida sianogen pada varietas singkong adalah lingkungan, teknik penanaman dan kondisi tumbuh (Bradbury *et al.*, 1991).

Translokasi linamarin berlangsung dari daun ke akar (Nambisan dan Sandaresan, 1994). Menurut Santana *et al.* (2002) sintesis linamarin dan senyawa glukosida sianogen yang lain terakumulasi pada akar dan disintesa di pucuk daun, kemudian ditransportasikan ke akar dimana senyawa tersebut disimpan. Namun, Elias *et al.* (1997) menyatakan bahwa tidak ada akumulasi linamarin pada umbi tanaman singkong yang mengindikasikan bahwa linamarin tidak disimpan pada umbi melainkan linamarin terus digunakan dan terus bergerak.

### 2.3 Linamarin

Linamarin merupakan senyawa bioaktif pada singkong yang termasuk ke dalam kelas  $\beta$ -glukosida sianogen. Senyawa-senyawa lain yang termasuk dalam kelas ini adalah amygdalin, prunasin dan dhurrin. Selain sebagai senyawa glukosida sianogen, linamarin juga disebut dengan senyawa nitrilosida (Krebs, 1970 dalam Marinela, 2009). Senyawa-senyawa tersebut didefinisikan sebagai senyawa yang larut dalam air, tidak beracun dan bergula (Hartati dan Kurniasari, 2008). Senyawa glukosida sianogen merupakan senyawa yang terdiri dari molekul-molekul gula, sianida dan cincin benzen atau aseton. Namun, linamarin tidak memiliki cincin benzen. Singkong merupakan tanaman penghasil nitrilosida tertinggi dibandingkan dengan tanaman lain seperti sorgum, gandum dan millet (Hartati dan Kurniasari, 2008). Hasil penelitian Culbert (1983) menunjukkan bahwa singkong mengandung nitrilosida linamarin antara 0,023-0,183%.

Linamarin (*2-β-D-glucopyranoxyloxy-2-methylpropanenitrile*) termasuk dalam senyawa glukosida sianogenik yang merupakan turunan dari valin (Paifan *et al.*, 2004). Linamarin ( $C_{10}H_{17}NO_6$ ) juga dikenal sebagai phaseolunatin yang memiliki berat molekul 247,24 g/mol. Komposisi linamarin secara fitokimia terdiri dari C 48,85%, H 6,83%, N 5,6% dan O 38,83%. Linamarin larut dalam air dan berwujud bubuk berwarna putih. Linamarin dapat ditemukan pada tanaman yang tergolong *compositae*, *leguminosae*, *euphorbiaceae*, *linaceae* dan *papaveraceae* (Seigler, 1975). Struktur linamarin dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Struktur molekul linamarin (Idibie, 2006)

Penguraian metabolik linamarin oleh enzim β-glukosidase (linamarase) menghasilkan terbentuknya gula keton dan sianida. Sianida yang dihasilkan oleh linamarin merupakan agen sitotoksik yang berpotensi membunuh sel dengan jalan menghambat sitokrom oksidase pada rantai transport elektron mitokondria sel kanker (Saidu, 2004).

#### 2.4 Sifat Fungsional Linamarin

Linamarin memiliki sifat-sifat yang dapat menjadikannya kandidat yang baik sebagai senyawa antineoplastik (antikanker). Linamarin disebut sebagai nitrilosida yang memiliki kandungan senyawa bioaktif vitamin B<sub>17</sub> yang diharapkan pada proses hidrolisis dapat menghasilkan senyawa sitotoksi HCN alami dalam tubuh. Sel neoplastik (sel kanker) yang kekurangan akan enzim detoksifikasi (rhodenase), tetapi kaya akan enzim hidrolase. Enzim hidrolase tersebut dapat memeparkan efek lethal dari sianida yang dilepaskan oleh linamarin. Efek lethal tersebut akan menginaktivasi kinerja sel kanker, sehingga sel kanker dapat dikontrol pertumbuhannya dan menurunkan sifat mematikannya (Hartati dan Kurniasari, 2008).

## 2.5 Teknik Isolasi dan Analisis Linamarin

### 2.5.1 Teknik Isolasi Linamarin

Teknik isolasi linamarin pada singkong menggunakan metode ultrafiltrasi dengan instrumen alat yang digunakan seperangkat alat ultrafiltrasi serta membrannya. Penggunaan ultrafiltrasi dikarenakan senyawa glukosida sianogen yang terdapat pada sel singkong memiliki ukuran yang kecil dan berada pada jaringan terdalam sel. Ultrafiltrasi merupakan suatu komponen alat yang mampu memisahkan senyawa glukosida sianogen dengan jaringan sel singkong (Idibie, 2006). Adapun prinsip kerja dari metode ultrafiltrasi adalah sebagai berikut:

#### 1. Metode Ultrafiltrasi

Membran adalah suatu lapisan tipis yang memisahkan dua fase dan membatasi pengangkutan berbagai bahan kimia secara selektif. Membran dapat berupa heterogen atau homogen, simetrik atau asimetrik dalam strukturnya, padat atau cairan, yang dapat membawa muatan positif atau negatif, netral atau bipolar. Membran dapat memanfaatkan berbagai *driving force* untuk memisahkan material (Aryanti, 2013). Ultrafiltrasi adalah teknik proses pemisahan membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut dengan BM (berat molekul) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari air larutan. Membran semipermeabel dipakai untuk memisahkan makromolekul dari larutan. Ukuran dan bentuk molekul terlarut menjadi faktor penting dalam metode ultrafiltrasi (Aryanti, 2013). Bentuk ultrafiltrasi dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



**Gambar 2.3** Ultrafiltrasi miniflek (Idibie, 2006)

Tekanan sistem ultrafiltrasi biasanya rendah antara 10-100 Psi (70-700 kPa), sehingga dapat menggunakan pompa sentrifugal biasa. Membran ultrafiltrasi dibuat dengan mencetak polimer *selulosa acetate* (CA) sebagai lembaran tipis. Fluks maksimum bila membrannya anisotropik, ada kulit tipis rapat dan pengembangan berpori. Membran *selulosa acetate* (CA) mempunyai sifat pemisahan yang baik namun dapat dirusak oleh bakteri dan zat kimia, rentan pH. Ada pula

membran dari polimer polisulfon, akrilik, juga polikarbonat, PVC, poliamida, piliviniliden fluoride, kopolimer AN-VC, poliasetal, poliakrilat, kompleks polielektrolit, PVA ikat silang. Juga dapat dibuat membran dari keramik, aluminium oksida, zirconium oksida dan lain sebagainya (Aryanti, 2013).

*Fouling* membran merupakan perubahan irreversibel yang terjadi pada membran. Penyebab dari *fouling* adalah interaksi fisik dan atau kimia spesifik antara membran dan komponen-komponen yang ada dalam aliran proses. Terjadinya *fouling* membran tidak dapat dihindari dan inilah tantangan terberat dalam teknologi membran. Lapisan *fouling* membran (*foulant*) ini menghambat filtrasi. *Foulant* ini dapat berupa endapan organik (makromolekul, substansi biologi), endapan inorganik (logam hidroksida, garam kalsium) dan partikulat. *Foulant* akan terakumulasi pada permukaan membran karena tidak ikut ambil bagian dalam transfer massa. Akibatnya *foulant* ini akan mengurangi efektivitas dan fluks membran (Aryanti, 2013).

## 2. Membran Ultrafiltrasi

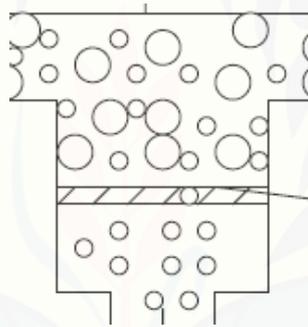
Membran adalah suatu lapisan tipis bersifat selektif permeabel diantara dua fase yang membolehkan perpindahan spesi-spesi tertentu. Secara umum membran dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu (Aryanti, 2013) :

- a. Membran berpori (*porous*) dan tidak berpori (*non porous*)
- b. Membran polimer (*organic*) dan keramik (*non organic*)
- c. Membran bermuatan dan tidak bermuatan.

Ultrafiltrasi adalah membran yang spektrum filtrasinya terletak antara nanofiltrasi dan mikrofiltrasi dan memisahkan konstituen yang berukuran 1 – 100 nanometer, atau beratnya sekitar 500-500.000 dalton. Mekanisme kerja membran Ultrafiltrasi berdasarkan perbedaan ukuran molekul dengan tekanan. Ultrafiltrasi dapat menyeleksi dan mengontrol mikroorganisme patogen kecil seperti virus dengan sangat efektif dan mengurangi kekeruhan air (Mulder, 1996).

Ultrafiltrasi bekerja dengan model *crossflow* yaitu aliran umpan mengalir paralel terhadap membran filtrasi. *Crossflow* bekerja pada *sweep steam* yang terus membersihkan permukaan membran dari endapan. Ada 2 produk dari Ultrafiltrasi yaitu permeat yang mengandung komponen yang kecil yang sanggup melewati membran, dan konsentrat yang mengandung endapan. Pada proses pemisahan

*crossflow*, aliran umpan searah dengan permukaan membran dan permeat keluar tegak lurus dengan arah aliran umpan. Hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *fouling* pada membran, mengurangi polarisasi konsentrasi, adsorpsi dan pembentukan *cake*. *Crossflow* lebih banyak digunakan pada hampir semua proses membran dengan *driving force* beda tekanan berskala besar. Sebagian besar membran-membran ultrafiltrasi yang digunakan secara komersial akhir-akhir ini disiapkan dari bahan – bahan polymer misalnya: *Polysulfone poly (ether sulfone)/ sulfonated polysulfone, poly vinylidene fluoride, poly acrylonitrile* (dan *block-copolymer* yang berhubungan), *cellulocies* (misalnya, asetat selulose), *aliphatic polyamides* dan *polyetheretherketone*. Selain bahan-bahan tersebut, keramik juga telah digunakan untuk membran-membran ultrafiltrasi, khususnya alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan zirconia ( $\text{ZrO}_2$ ) (Mulder, 1996). Prinsip kerja membran ultrafiltrasi dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Prinsip kerja membran ultrafiltrasi (Idibie, 2006)

### 2.5.2 Sistem Analisis Linamarin

#### a. LC-MS/MS (*Liquid Chromatography-Mass Spectrometry*)

Kromatografi merupakan cara pemisahan yang mendasarkan partisi (cuplikan) antara fase bergerak dan fase diam. Berdasarkan sifat-sifat dari kedua fase tersebut, maka kromatografi dapat dibedakan menjadi 5 sistem yaitu sistem kromatografi padat-padat, cair-padat, cair-cair, gas-padat dan gas-cair. Pada LC-MS/MS sistem kromatografi yang digunakan adalah cair-padat, fase bergerak (*mobile phase*) berupa cairan yaitu pelarut dan fase diam (*stationery phase*) berupa padatan yaitu adsorban yang terdapat pada kolom analitik. Dengan demikian, kromatografi dapat didefinisikan sebagai suatu proses migrasi diferensial di mana komponen-komponen cuplikan ditahan secara selektif oleh fase diam (adsorban) (Murningsih dan Chairul, 2000).

LC-MS/MS merupakan sebuah instrumen alat yang dapat memberikan informasi mengenai bobot molekul dan struktur senyawa organik, identifikasi serta komponen-komponen yang lain pada suatu senyawa. Kombinasi kinerja yang dihasilkan dari LC (*Liquid Chromatography*) dan MS (*Mass Spectrometry*) dapat mendeteksi senyawa-senyawa mikro yang terdapat pada sebuah bahan. Instrumen LC-MS/MS dapat dikembangkan kegunaannya untuk identifikasi sebuah senyawa baik itu secara kualitatif maupun kuantitatif tanpa dilakukan derivatisasi komponen-komponen senyawa yang dianalisis (Maryam, 2007).

Mekanisme kerja dari instrumen LC-MS/MS adalah sampel murni yang telah dipisahkan dalam kolom diuapkan dengan suhu tinggi, kemudian dilakukan proses ionisasi. Ion yang terbentuk difragmentasi sesuai dengan ratio massa/muatan ( $m/z$ ) dan dideteksi secara elektrik. Metode ionisasi yang banyak diaplikasikan untuk identifikasi suatu senyawa adalah ESI (*Electrospray Ionization*) dan FAB (*Fast Atom Bombardment*). ESI menghasilkan spektrum massa yang baik dengan fragmentasi yang sesuai dengan struktur senyawa tersebut. Metode ini sangat sesuai dengan senyawa yang memiliki tingkat volatilitas yang tinggi. Metode FAB akan menghasilkan ion-ion sekunder melalui pemboman sampel padat dengan ion primer (*xenon*). Metode ini sangat sesuai untuk senyawa dengan volatilitas yang rendah (Maryam, 2007). Metode identifikasi menggunakan LC-MS/MS memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya yaitu dapat mendeteksi senyawa secara kualitatif dan kuantitatif dengan tingkat akurasi dan presisi serta spesifitas dan sensitivitas yang tinggi. Senyawa yang memiliki sensitivitas rendah dapat ditingkatkan melalui derivatisasi pra-kolom atau pasca kolom (Willard, 1988)

#### b. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Prinsip kerja FTIR didasarkan pada besarnya frekuensi sinar infra merah yang diserap dengan tingkat energi tertentu. Molekul senyawa kompleks yang diinjeksikan dengan energi dari sinar infra merah akan menyebabkan molekul tersebut mengalami vibrasi. Besarnya energi vibrasi tiap atom atau molekul berbeda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan sehingga dihasilkan frekuensi yang berbeda pula (Suseno dan Firdausi, 2008). Spektrum FTIR digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi (profil suatu senyawa)

yang memiliki pita spesifik yang menonjol yaitu C-H, C-C, C=O, O-H, N-H, C-O, C=C, C=N dan NO<sub>2</sub> serta dapat dikombinasikan dengan konjugat frekuensi yang terbentuk, seperti CN amida-oksin (Rahman *et al.*, 2007)

## 2.6 Teknik Pemasakan Singkong

### 2.6.1 Perebusan

Perebusan adalah proses pemasakan dengan menggunakan suhu panas ( $\pm 100^{\circ}\text{C}$ ) dalam waktu 10 sampai 30 menit dan termasuk dalam kategori pemanasan basah karena menggunakan media air. Melalui pemanasan enzim yang bertanggung jawab terhadap pemecahan linamarin menjadi inaktif dan hidrogen sianida tidak terbentuk (Winarno, 2002). Pada umbi-umbian proses rebus dapat mengurangi kadar sianida 60-90% (Murdiana *et al.*, 2000).

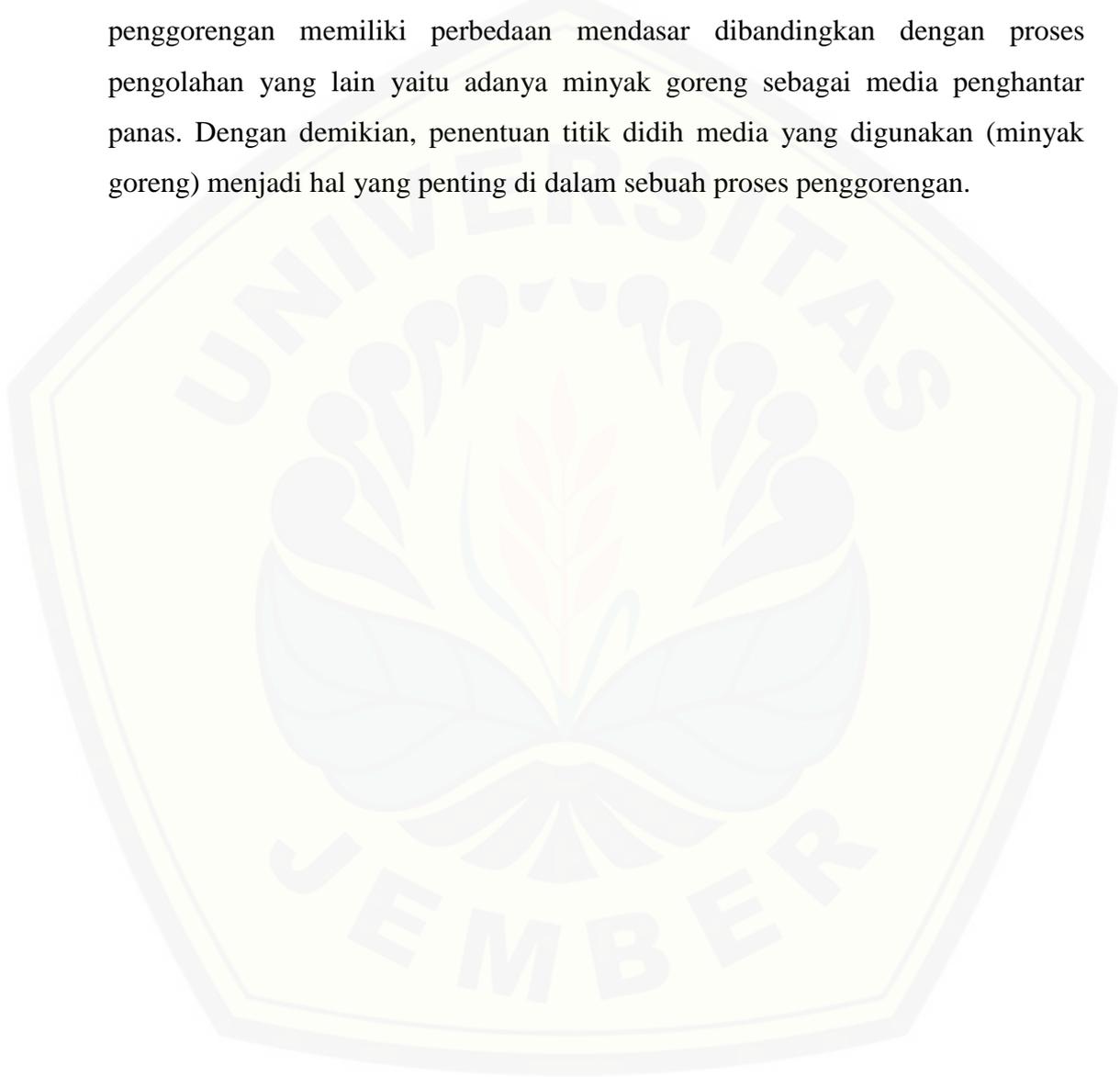
### 2.6.2 Pengukusan

Pengukusan atau pengukusan merupakan proses pemasakan dengan medium uap air panas yang dihasilkan oleh air mendidih. Pengukusan termasuk dalam pengolahan suhu tinggi dengan suhu yang digunakan antara 70 - 100°C dalam waktu 10 sampai 30 menit. Pengukusan dapat memecah ikatan-ikatan karbon dan menyebabkan meningkatnya pencernaan selanjutnya nutrisi yang masih utuh akan diserap oleh usus halus. Proses kukus dengan ukuran umbi yang tipis dapat mengurangi kadar sianida 30-60% pada beberapa jenis umbi termasuk singkong (Murdiana *et al.*, 2000).

### 2.6.3 Penggorengan

Penggorengan atau penggorengan merupakan salah satu proses memasak bahan pangan secara cepat dan praktis, dengan menggunakan media minyak atau lemak panas (Rossell, 2001). Penggorengan dengan proses pencelupan bahan pangan ke dalam minyak panas (*deep frying*) sangat penting dan banyak dilakukan dalam industri makanan (Krokida *et al.*, 2000). Tujuan utama dari penggorengan bahan pangan adalah untuk membuat bahan pangan menjadi masak dan siap dikonsumsi. Selain itu juga bertujuan untuk memberi warna yang lebih merata dan tekstur bahan pangan yang menarik serta mengembangkan citarasa dan aroma pada bahan pangan (Perkins dan Erickson, 1996).

Menurut Varela *et al.* (1988), penggorengan mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan proses pengolahan pangan lainnya, diantaranya adalah waktu pengolahan yang relatif lebih singkat; peningkatan kelezatan produk hasil penggorengan; dan kerusakan bahan pangan karena proses penggorengan relatif lebih kecil. penggorengan merupakan suatu metode pengolahan pangan dengan menggunakan panas yang berbeda dengan proses panas lainnya. Proses penggorengan memiliki perbedaan mendasar dibandingkan dengan proses pengolahan yang lain yaitu adanya minyak goreng sebagai media penghantar panas. Dengan demikian, penentuan titik didih media yang digunakan (minyak goreng) menjadi hal yang penting di dalam sebuah proses penggorengan.



### BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember dan Laboratorium Teknik Kimia dan Instrumentasi Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2016 sampai Juni 2017.

#### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah singkong jenis manis yang sering dikonsumsi yaitu varietas Cimanggu dan Ketan. Singkong tersebut diperoleh dari Petani Binaan di Kecamatan Gumukmas, Kabupaten Jember. Reagen Kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah metanol, granula karbon aktif 8-20 mesh, aquadest, isopropanol, asam format (asetonitrile dan air perbandingan 80:20). Sedangkan bahan untuk proses filtrasi vakum adalah kertas whatmann diameter 90 mm dengan nomor poros 41.

##### 3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk ekstraksi linamarin adalah filtrasi vakum, *rotary evaporator* BUCHI RE 120, sentrifugasi, botol sentrifuse, *shaker waterbatch*, *freeze dryer* dan blender. Identifikasi senyawa linamarin menggunakan LC-MS/MS (*Liquid Chromatography Mass Spectrometry*) dan analisis profil linamarin menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

#### 3.3 Rancangan Percobaan dan Pelaksanaan Penelitian

##### 3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan jenis rancangan percobaan faktorial dengan menggunakan 2 (dua) faktor. Faktor 1 adalah varietas singkong (A) dan faktor 2 adalah teknik pemasakan (B). Varietas singkong yang digunakan juga dijadikan sebagai kelompok batasan. Data yang diperoleh, kemudian akan dilanjutkan

dengan pembahasan. Berikut ini adalah tabel kombinasi perlakuan yang dihasilkan dari rancangan faktorial penelitian ini:

**Tabel 3.3.1** Kombinasi perlakuan

	B1: perebusan	B2: pengukusan	B3: penggorengan
A1 : cimanggu	A1B1	A1B2	A1B3
A2 : ketan	A2B1	A2B2	A2B3

Keterangan:

A1B1 : singkong Cimanggu; perebusan

A1B2 : singkong Cimanggu; pengukusan

A1B3 : singkong Cimanggu; penggorengan

A2B1 : singkong Ketan; perebusan

A2B2 : singkong Ketan; pengukusan

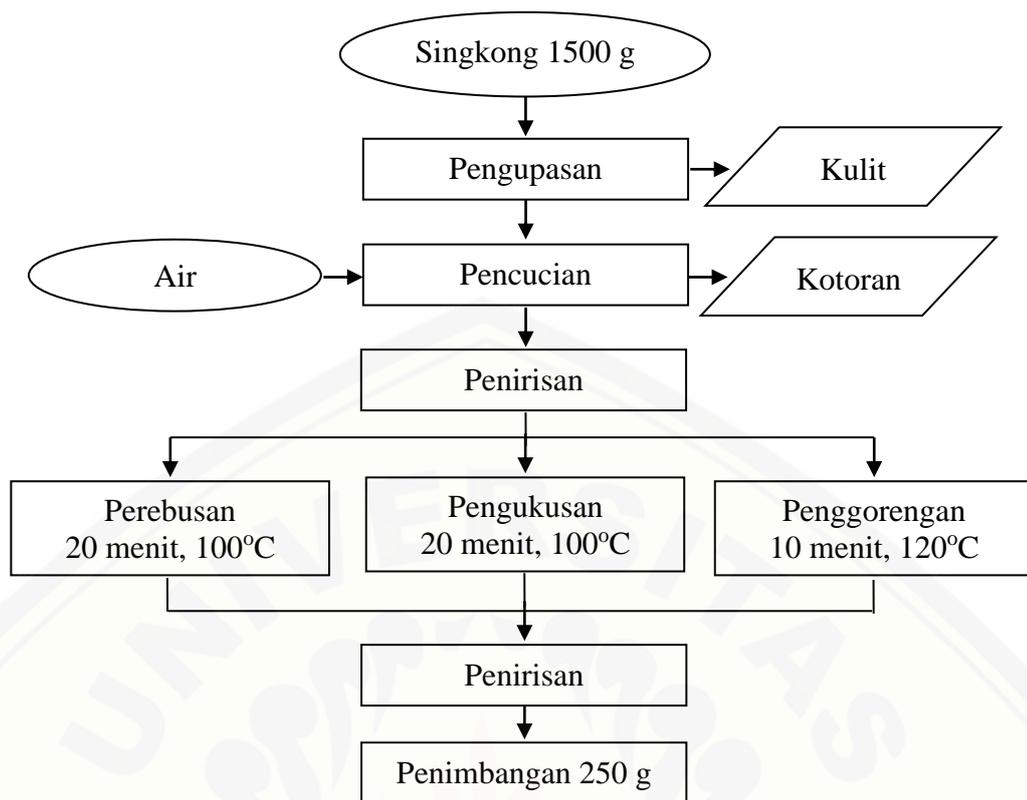
A2B3 : singkong Ketan; penggorengan

### 3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu proses pemasakan pada singkong (perebusan, pengukusan dan penggorengan), pembuatan ekstrak singkong dan ekstraksi serta purifikasi linamarin. Berikut ini penjelasan dari tahapan penelitian.

#### a. Proses Pemasakan pada Singkong

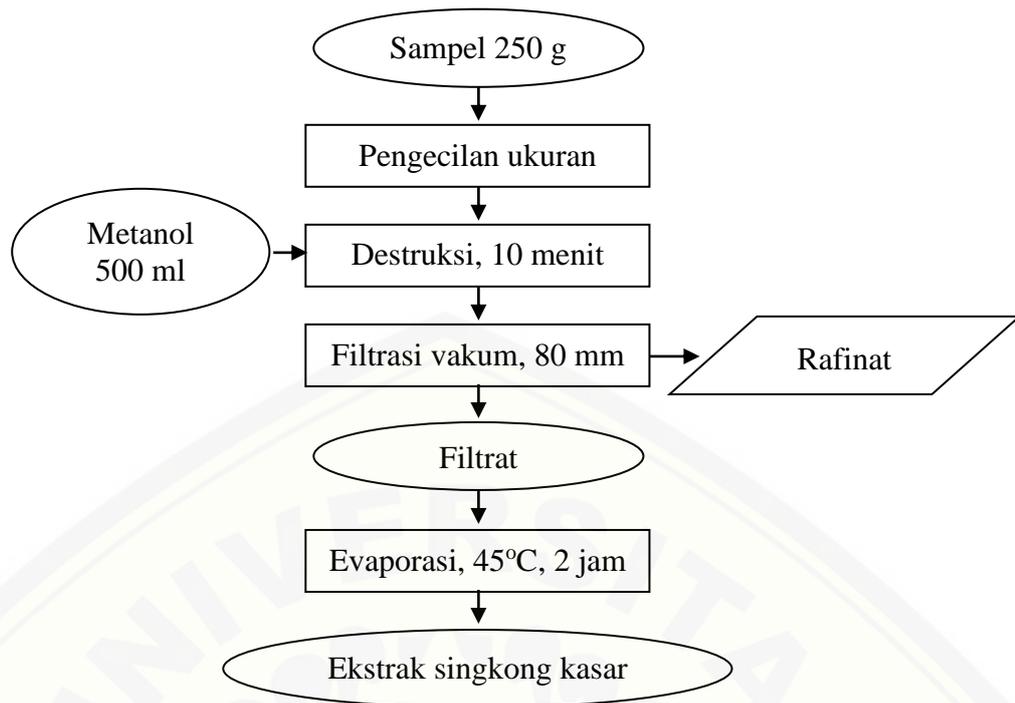
Singkong varietas cimanggu dan ketan dilakukan pengupasan untuk memisahkan kulit dengan daging umbi, kemudian dilakukan pencucian dengan air mengalir untuk membersihkan kotoran yang melekat pada umbi singkong. Selanjutnya singkong hasil perendaman dilakukan penirisan. Singkong hasil penirisan diberikan perlakuan yaitu perebusan dengan air suhu 100°C selama 20 menit (Murdiana *et al.*, 2000), pengukusan pada suhu 100°C selama 20 menit dan penggorengan selama 10 menit pada suhu 120°C. Tahap selanjutnya singkong hasil perlakuan dilakukan penirisan untuk memisahkan air dan minyak, kemudian dilakukan penimbangan sebagai sampel dari singkong hasil pemasakan. Diagram alir proses pemasakan singkong dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir proses pemasakan singkong (Murdiana *et al.*, 2000)

#### b. Pembuatan Ekstrak Singkong

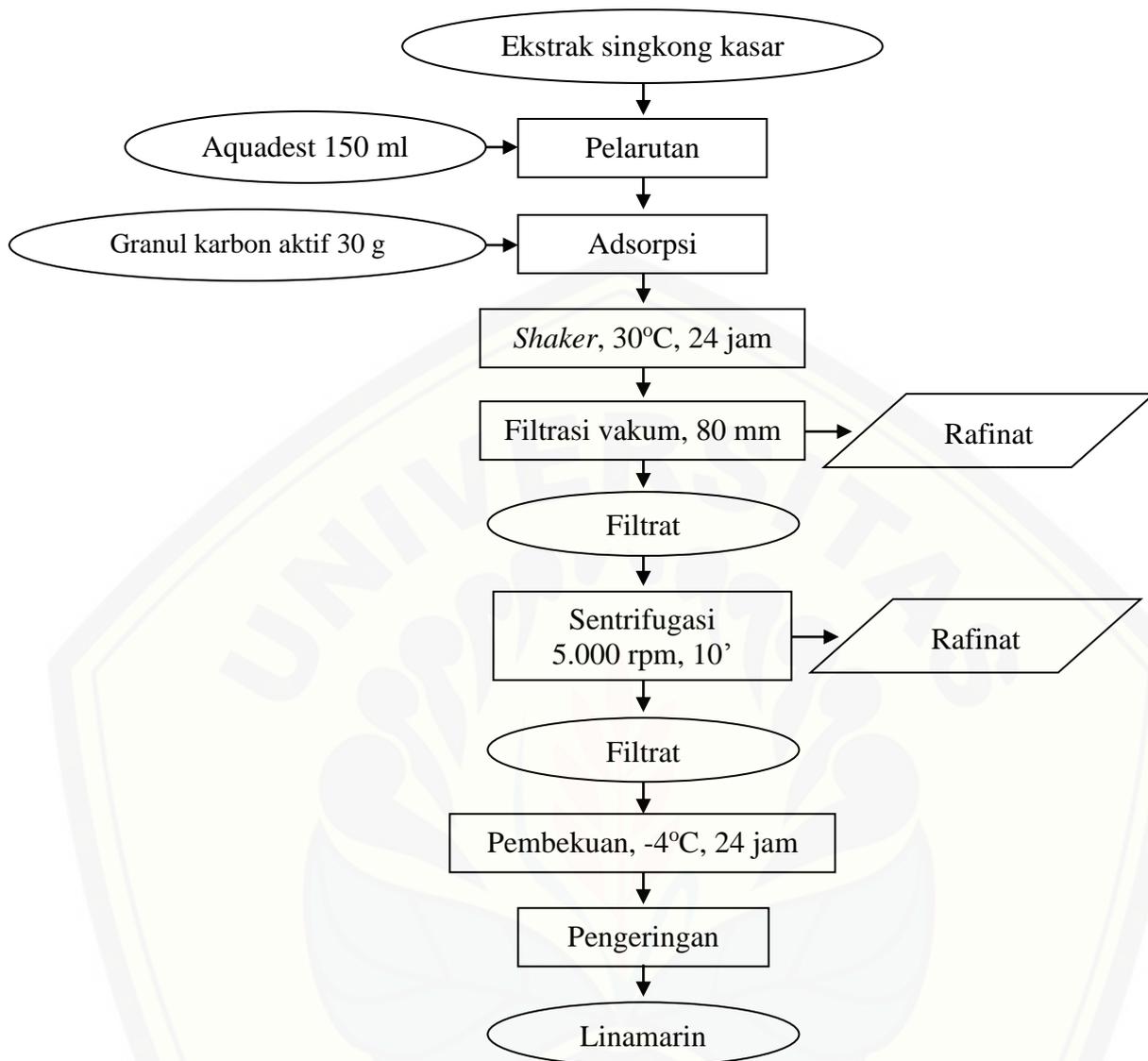
Singkong hasil pemasakan dilakukan pengecilan ukuran untuk memperluas permukaan pada singkong dan mempermudah proses destruksi sel. Singkong masak dengan ukuran kecil digiling untuk mendestruksi sel singkong selama 10 menit menggunakan blender. Pada saat proses penggilingan ditambahkan metanol sebanyak 500 ml. Penambahan metanol bertujuan untuk mengekstrak senyawa linamarin yang terdapat pada singkong. Sampel yang homogen dipisahkan dengan penyaringan menggunakan kertas Whatmann No. 41 dan tekanan 1,5 bar. Selanjutnya sampel yang lolos penyaringan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 45°C selama 2 jam, sampel hasil pemekatan merupakan ekstrak singkong. Diagram alir proses pembuatan ekstrak singkong pada singkong dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Diagram alir proses pembuatan ekstrak singkong (Idibie, 2006)

c. Ekstraksi Senyawa Linamarin

Ekstrak singkong kasar yang telah diperoleh, dilarutkan dengan dalam 150 ml aquadest. Larutan ekstrak singkong diadsorpsi menggunakan karbon aktif yang bertujuan untuk menyerap senyawa-senyawa non-linamarin. Jumlah karbon aktif yang ditambahkan sebanyak 30 gram. Selanjutnya dilakukan penggojokan (*shaker*) menggunakan *waterbatch* pada suhu 30°C selama 24 jam. Sampel yang sudah homogen dipisahkan dengan menggunakan penyaringan kertas Whatmann No. 41 dan tekanan 1,5 bar. Filtrat yang dihasilkan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan putaran 5.000 rpm selama 10 menit. Filtrat dari proses sentrifugasi dibekukan dalam suhu -4°C selama 24 jam. Selanjutnya sampel beku dikeringkan menggunakan *freeze drying*. Hasil pengeringan merupakan sampel linamarin kering. Diagram alir proses ekstraksi dan purifikasi linamarin dapat dilihat pada **Gambar 3.3**



**Gambar 3.3** Diagram alir ekstraksi senyawa linamarin (Idibie, 2006)

### 3.4 Parameter Pengamatan

Profil linamarin digambarkan dengan beberapa parameter pengamatan antara lain:

- a. Identifikasi senyawa linamarin menggunakan LC-MS/MS (Lopes *et al.*, 2015)
- b. Analisis profil senyawa linamarin menggunakan FTIR (Idibie, 2006)

### 3.5 Prosedur Analisis

#### 3.5.1 Identifikasi senyawa linamarin menggunakan LC-MS/MS

Sampel sebanyak 0,5 gram dilarutkan ke dalam pelarut 0,1% asam format (dengan perbandingan acetonitrile dan air adalah 80 : 20). Selanjutnya dilakukan sonifikasi selama 30 menit dan dipisahkan dengan menggunakan sentrifugasi kecepatan 400 rpm selama 10 menit. Filtrat yang diperoleh disaring dengan menggunakan membran filter 0,2 mikron. Sampel yang diperoleh dimasukkan ke dalam vial dan kemudian dilakukan injeksi.

Kondisi alat LC-MS/MS Thermo Scientific yang digunakan untuk analisis senyawa linamarin sebagai berikut: kolom yang digunakan Hipersil Gold C18 (50mm x 2.1mm x 1.9 $\mu$ m), fase gerak metanol dan isopropanol dengan kecepatan eluen 150 – 300  $\mu$ l/min. Kondisi ionisasi ESI (*Electrospray Ionization*) adalah sebagai berikut: tegangan spray 3 kv, suhu penguapan 250°C, suhu kapiler 300°C, tekanan *sheath* gas nitrogen 40 Psi dan tekanan *Aux* gas argon 10 Psi

#### 3.5.2 Analisis profil senyawa linamarin menggunakan FTIR

Sampel sebanyak 0,5 gram diletakkan pada meja ATR, kemudian dilakukan pemasangan sensor IR dan dilakukan pengeratan. Sampel yang sudah tersentuh oleh sensor IR, kemudian dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali. Sampel yang sudah tidak digunakan, kemudian dilakukan pembilasan dengan aquadest dan dilanjutkan dengan pembilasan isopropanol.

### 3.6 Analisis Data

Pengambilan data dilakukan pada 6 sampel hasil kombinasi perlakuan. Data yang diperoleh dari hasil identifikasi dan analisis profil linamarin dibahas secara deskriptif.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Senyawa linamarin teridentifikasi pada singkong hasil pengolahan dengan komponen penyusun yang tetap yaitu glukosa dan asetonsianohidrin
2. Pengaruh proses pemasakan (perebusan, pengukusan dan penggorengan) terhadap senyawa linamarin tidak mengalami perubahan dan penguraian menjadi senyawa prekursor pembentuk HCN.

### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk menentukan titik-titik profil senyawa linamarin meliputi unsur C, N, O dan H serta dilakukan pengujian efek fungsional senyawa linamarin baik secara *in vitro* maupun *in vivo*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, S. K. 2013. *Metode dan Penggunaan Teknologi Ultrafiltrasi*. Semarang: Undip Press.
- Agroinovasi. 2011. *Inovasi Pengolahan Singkong Meningkatkan Pendapatan dan Diversifikasi Pangan*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Produksi dan Luas Tanaman Singkong di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Blumenthal, M. M. 1996. *Frying Technology*. Bogor: Institute Pertanian Bogor
- Bradbury, J. H., Egan S. V. dan Lynch, M. J. 1991. "Analysis of Cyanide in Cassava Using Acid Hidrolysingof Cyanogenic Glukosides". *Journal of Science Food and Technology*. No. 55; 277 – 290.
- Brimer, L. dan Roseling, H. 1993. "A Microdiffusion Method with Solid State Detection of Cyanogenics Glycosides from Cassava in Human Urine". *Food Chemistry Toxicology*. No. 31; 277 – 290.
- Carlson, L., Ronquit, G. dan Roseling, H. 1992. "A Spesific Aand Sensitive Method for the Determination of Linamarin in Urine". *Natural Toxin*. No. 3; 378 – 352.
- Culbert, M. 1983. *What the Medical Establishment Won't Tell You That Could Save Your Life*. Virginia Beach: Donning Co Inc.
- Elias, M., Bala, N. dan Sudhakaran, P. R. 1997. "Catabolism of Linamarin in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)". *Journal of Plant Science*. No. 126; 155 -162.
- Hamburger, M dan K. Hostettmann. 1991. "Bioactivity in Plants: The Link Between Phytochemystry and Medicine". *Phytochemystry* 30. No. 12; 3864-3874
- Haque, M. R. 2003. "Preparation of Linamarin From Cassava Leves for Use in Cassava Cyanide Kit". *Journal of Food Chemistry*. No. 85; 27 – 29.
- Harris R. S dan E. Karmas. 2010. *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Pangan*. Bandung: ITB
- Hartati, I. dan Kurniasari, L. 2008. *Inaktivasi Enzimatis pada Produksi Linamarin dari Daun Singkong sebagai Senyawa Antineoplastik*. Semarang; Undip Press.

- Hunsa, P., Chulabhorn, M., Somsak, R., Uma, P., Pittaya, T., Uncharee, T., Waltor, C. T., Cheveng, P., Brian, W. S. and Allen, H. W. 1995. "Cyanogenic and non-cyanogenic glycosides from *Manihot Esculenta*". *Phytochemistry*. No. 40; 1167-1173.
- Idibie, C. A. 2006. *Isolation of Pure Cassava Linamarin as An Anticancer Agent*. Johannesburg: Witwatersrand of University.
- Krebs, E. T. Jr. 1970. "The Nitriloside (Vitamin B-17): Their Nature, Occurrence and Metabolic Significance". *Journal of Applied Nutrition*. No. 32; 75 – 86.
- Koswara, S. 2009. *Teknologi Pengolahan Singkong: Teori dan Praktek*. Ebook Pangan: [www.ebookpangan.com](http://www.ebookpangan.com) (Diakses: 23 April 2016, 18.20).
- Koswardhani, M. 2008. *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Pangan*. Ebook Modul 1 Teknologi Pengolahan Pangan (Diakses: 17 Maret 2017, 10.20)
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V. dan Maroulis, Z. B. 2000. "Effect of Frying Conditions on Shrinkage and Porosity of Fried Potatoes". *Journal of Food Engineering*. No. 43: 147 -154.
- Liangcheng, D., Mpoko, B., Birger, L. M. dan Barbara, A. H. 1995. "The Biosynthesis of Cyanogenic Glucosides in Roots of Cassava". *Journal of Phytochemistry*. No. 39 Vol 2; 323 - 326.
- Lingga, A. 1986. *Perubahan Sikap dan Pola Konsumsi Pangan Lokal: Singkong Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Lopes, P., Elene de Vries. Dan Hans M., 2015. *Straightforward Method to Determine Intact Cyanogenic Glucosides in Almonds and Flaxseeds by LC-MSMS*. AB Wangeningen: Rikilt Wangeningen UR
- Lyuke, S. E. 2004. "Antitumoral Action of Linamarin and Cassava Tissue Extracts: Engineering for Life". *The 7<sup>th</sup> World Congress of Chemical Engineering, Scotland*. No. 140; 2 – 15.
- Marinela, E. 2009. *Vitamin B17/Laetrile/Amygdalin*. Balotesti Romania: Research and Development Institute for Bovine Breeding-Balotesti.
- Maryam, R. 2007. *Metode Deteksi Mikotoksin*. Jakarta: Balai Pusat Penelitian dan Pengkajian Veteriner
- Mellema, M. 2003. "Mechanism and Reduction of Fat Uptake in Deep Fat Fried Food". *Food Science*. No. 14; 364 - 373
- Mingi, N. D., Poulter, N. H. dan Roseling, H. 1992. "An Outbreak of Acute Intoxications from Consumption of Insufficiently Processed Cassava in Tanzania". *Nutrition Research*. No. 12; 677 -687.

- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Murdiana, A., Ningtyas, F. W. dan Jumirah. 2000. *Pengaruh Berbagai Cara Pengolahan untuk Mengurangi Gastrogenik Tiosianat pada Beberapa Bahan Makanan di Daerah Endemik Gondok*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Murningsih, T dan Chairul. 2000. *Mengenal HPLC dan Peranannya dalam Analisa dan Proses Isolasi Bahan Kimia Alam*. Bogor: Puslitbang-Biologi LIPI.
- Nambisan, B. 1999. "Distribution of Linamarin and Its Metabolizing Enzymes in Cassava Tissues". *Journal of Science Food Agriculture*". No. 66; 503 – 508.
- Paifan, C. J., Lukas, A. M., Suzanne, P., Martha, A., John, P., Seung, Y dan Peter, D. K. 2004. "Metacyc: a Multiorganism Database of Metabolic Pathways and Enzymes". *Nucleic Acid Research*. No. 32; 3 – 5.
- Palupi, N.S., Ardiansari, Y. M. dan Zakaria, E. 2007. *Metode Evaluasi Efek Negatif Proses Pengolahan terhadap Senyawa Non-Gizi dan Komponen Bioaktif Bahan Pangan*. Bogor: ENPB.
- Parkins, E. G. an Erickson, M. D. 1996. *Deep Frying: Chemistry, Nutrition and Practical Appllications*. Champaign Illonois: AOCS Press.
- Rahman, H., Usman., A, Ahmad. 2007. *Uji Metabolit Sekunder dan Senyawa Bioaktif Menggunakan FTIR*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Rossel, J. B. 2001. *Frying: Improoving Quality*. Cambridge. Woodhead Pub. Ltd.
- Saidu, Y. 2004. "Physicochemical Features of Rodanes". *Africa Journal of, Biotechnology*. No. 3; 370 - 374.
- Santana, M. A., Valeria, V., Juan, M. dan Rangel, A. 2002. "Linamarase Expression in Cassava Cultivers with Roots of Low and High Cyanide Content. *Plant Physiology*. No. 129; 1686 – 1694.
- Seigler, D. S. 1975. "Isolation and Characterization of Naturally Occuring Cyanogenic Compounds. *Journal of Phytochemistry*. No. 14; 9 – 29.
- Soemarjoe, K. 1992. *Singkong Tanaman Indonesia*. Yogyakarta: Liberty.
- Suseno, J, E dan Firdausi. 2008. *Rancang Bangun Spektroskopi FTIR untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi*. Jakarta: Berkala Fisika.

Varela, G. A., Bender, E. dan Morton, L. D. 1988. *Frying of Food, Principles, Changes*. Chichester: New Approaches Ellis Horwood Ltd.

Willard, HH. 1988. *Instrumental Methods of Analysis*. Belmont, California USA: Wadworth Inc.

Winanro, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Yan, J., Tong, S., Li, J. dan Lou, J. 2006. *Preparative Isolation and Purification of Amygdalin From Prunus armeniaca L, with High Recovery by High-Speed Countercurrent Chromatography*. China; Hangzhou University.



## LAMPIRAN

## Lampiran A. Data Hasil Pengamatan Berat Sampel

## Lampiran A.1 Berat Sampel Cimanggu-Perebusan

Berat Botol Kosong		Hasil Analisis		
Kode	Nilai	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
U1	12,2121	14,6583	15,5849	15,3783
U2	13,1412	14,6556	15,5850	15,3694
U3	12,9296	14,6552	15,4846	15,3688
Rata-rata ulangan		14,6554	15,5848	15,3736
Rata-rata berat sampel		2,4433	2,4436	2,4440
Berat sampel		<b>2,4436</b>		

## Lampiran A.2 Berat Sampel Cimanggu-Pengukusan

Berat Botol Kosong		Hasil Analisis		
Kode	Nilai	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
U1	12,6027	15,4454	14,1292	16,6360
U2	11,2803	15,4496	14,1274	16,6367
U3	13,7895	15,4483	14,1269	16,6363
Rata-rata ulangan		15,4490	14,1272	16,6362
Rata-rata berat sampel		2,8463	2,8469	2,8467
Berat sampel		<b>2,8466</b>		

## Lampiran A.3 Berat Sampel Cimanggu-Penggorengan

Berat Botol Kosong		Hasil Analisis		
Kode	Nilai	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
U1	12,2897	14,8845	15,4096	15,4255
U2	12,8144	14,8979	15,4092	15,4209
U3	12,8263	14,8840	15,4094	15,4207
Rata-rata ulangan		14,8843	15,4094	15,4208
Rata-rata berat sampel		2,5946	2,5950	2,5945
Berat sampel		<b>2,5947</b>		

## Lampiran A.4 Berat Sampel Ketan-Perebusan

Berat Botol Kosong		Hasil Analisis		
Kode	Nilai	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
U1	10,8146	13,1102	16,8145	17,5380
U2	14,5097	13,1035	16,7987	17,5355
U3	15,2464	13,1036	16,7982	17,5355
Rata-rata ulangan		13,1036	16,7985	17,5355
Rata-rata berat sampel		2,2890	2,2888	2,2891
Berat sampel		<b>2,2890</b>		

**Lampiran A.5 Berat Sampel Ketan-Pengukusan**

<b>Berat Botol Kosong</b>		<b>Hasil Analisis</b>		
<b>Kode</b>	<b>Nilai</b>	<b>Ulangan 1</b>	<b>Ulangan 2</b>	<b>Ulangan 3</b>
U1	15,3215	17,7587	17,9181	18,7993
U2	15,4696	17,7695	17,9180	18,7993
U3	15,3511	17,7697	17,9183	18,7992
Rata-rata ulangan		17,7696	17,9181	18,7993
Rata-rata berat sampel		2,4481	2,4485	2,4482
Berat sampel		<b>2,4483</b>		

**Lampiran A.6 Berat Sampel Ketan-Penggorengan**

<b>Berat Botol Kosong</b>		<b>Hasil Analisis</b>		
<b>Kode</b>	<b>Nilai</b>	<b>Ulangan 1</b>	<b>Ulangan 2</b>	<b>Ulangan 3</b>
U1	13,3221	15,7251	17,5456	17,2146
U2	15,1458	15,7216	17,5457	17,2144
U3	14,8183	15,7214	17,5455	17,2142
Rata-rata ulangan		15,7215	17,5456	17,2144
Rata-rata berat sampel		2,3994	2,3998	2,4006
Berat sampel		<b>2,3999</b>		

**Lampiran B. Data Hasil Analisis LC-MS/MS****Lampiran B.1 Uji Kualitatif Senyawa Linamarin**

Ketan, Perebusan



Ketan, Pengukusan



Ketan, Penggorengan



Cimanggu, Perebusan



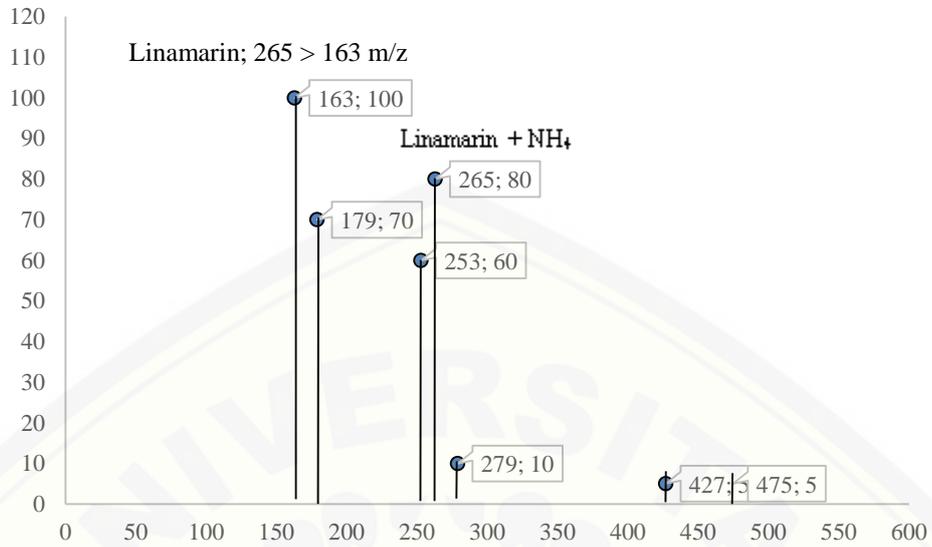
Cimanggu, Pengukusan



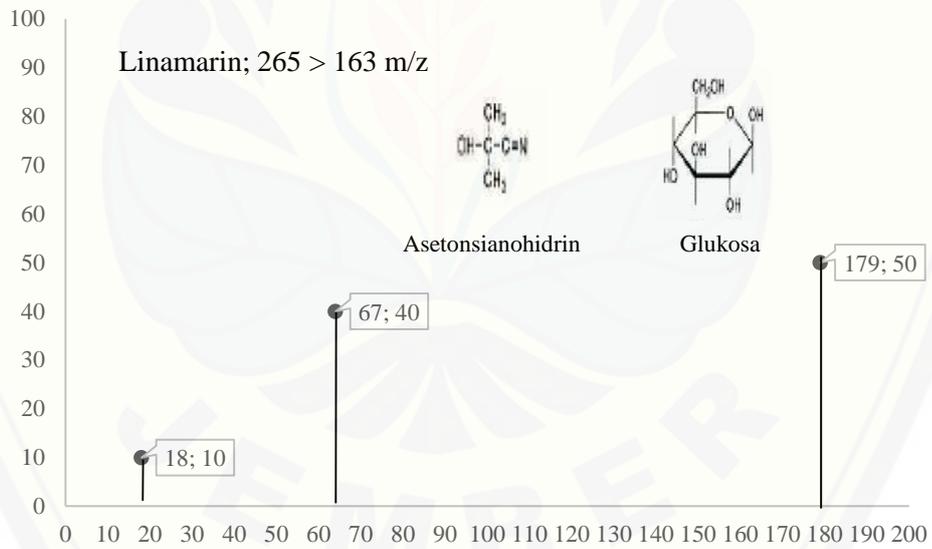
Cimanggu, Penggorengan

**Lampiran B.2** Spektrum Massa Hasil Analisis LC-MS/MS

**Lampiran B.2.1** Spektrum Massa TIC



**Lampiran C.2.2** Spektrum Massa Senyawa Linamarin



**Lampiran B.3** Data Hitung Analisis Kualitatif Analisis LC-MS**Lampiran B.3.1** Retention Time

No.	Sampel	Retention Time	
		Linamarin 1	Linamarin 2
1	Ketan, Perebusan	0,93	1,16
2	Ketan, Pengukusan	0,93	1,16
3	Ketan, Penggorengan	0,94	1,16
4	Cimanggu, Perebusan	0,93	1,16
5	Cimanggu, Pengukusan	0,93	1,16
6	Cimanggu, Penggorengan	0,94	1,16

**Lampiran B.3.2** Luas Area

No.	Sampel	Luas Area	
		Linamarin 1	Linamarin 2
1	Ketan, Perebusan	544.043	95.967
2	Ketan, Pengukusan	290.550	44.670
3	Ketan, Penggorengan	428.098	64.426
4	Cimanggu, Perebusan	339.466	58.186
5	Cimanggu, Pengukusan	151.558	26.578
6	Cimanggu, Penggorengan	209.401	42.471

**Lampiran B.3.3** Luas Area Sampel Pengenceran 5 ml

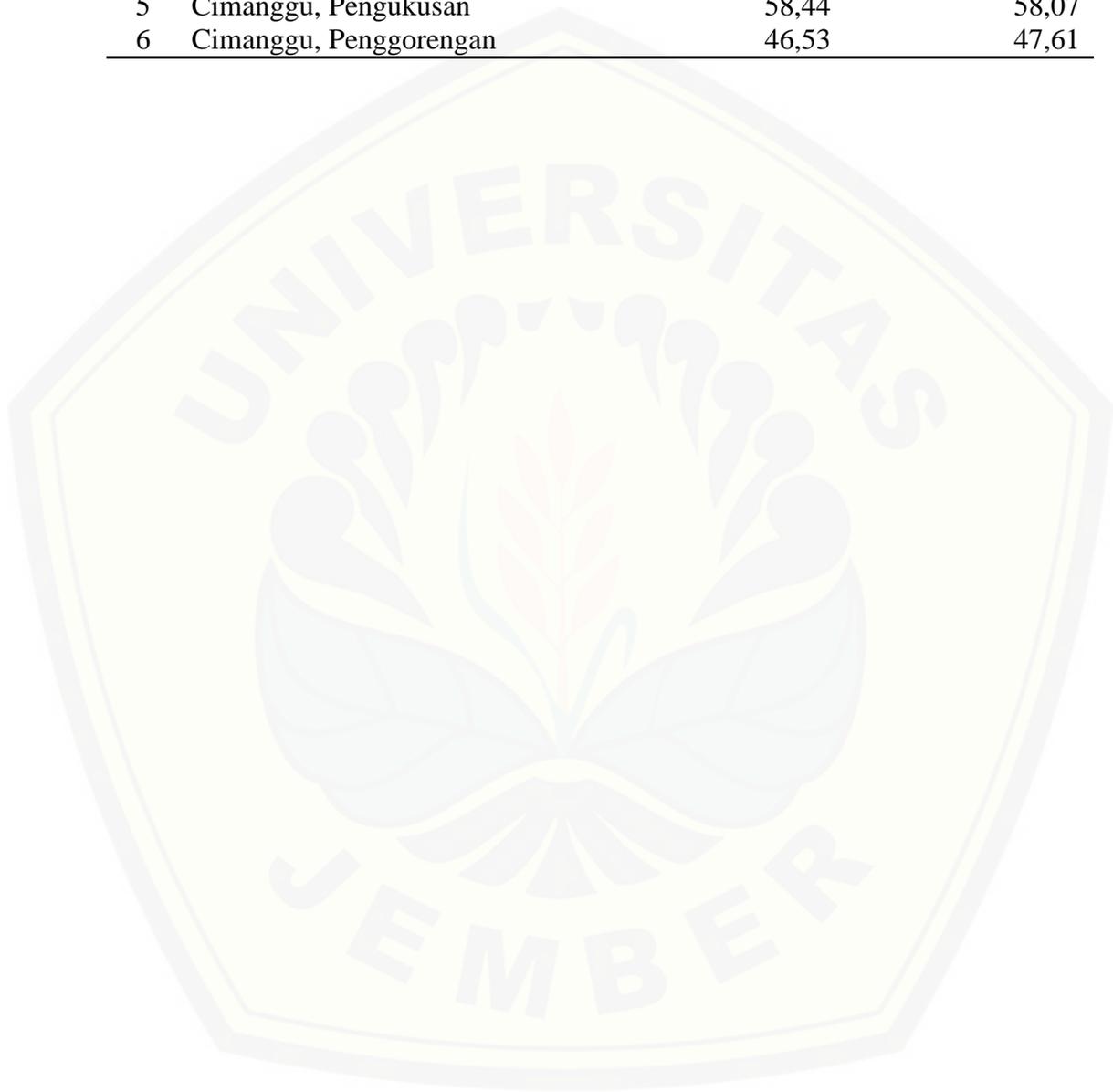
No.	Sampel	Pengenceran 5 ml	
		Linamarin 1	Linamarin 2
1	Ketan, Perebusan	54,84 x 10 <sup>6</sup>	9,67 x 10 <sup>6</sup>
2	Ketan, Pengukusan	31,01 x 10 <sup>6</sup>	4,77 x 10 <sup>6</sup>
3	Ketan, Penggorengan	39,56 x 10 <sup>6</sup>	5,95 x 10 <sup>6</sup>
4	Cimanggu, Perebusan	30,66 x 10 <sup>6</sup>	5,26 x 10 <sup>6</sup>
5	Cimanggu, Pengukusan	14,01 x 10 <sup>6</sup>	2,46 x 10 <sup>6</sup>
6	Cimanggu, Penggorengan	17,58 x 10 <sup>6</sup>	3,56 x 10 <sup>6</sup>

**Lampiran B.3.4** Konsentrasi Berdasarkan Spike Glukosa

No.	Sampel (Var x Per)	Konsentrasi (ppm Eku. Glukosa)	
		Linamarin 1	Linamarin 2
<b>1</b>	<b>Ketan, Segar</b>	<b>7046,99</b>	<b>1252,61</b>
2	Ketan, Perebusan	6071,11	1070,92
3	Ketan, Pengukusan	3379,26	519,54
4	Ketan, Penggorengan	4835,28	727,68
<b>5</b>	<b>Cimanggu, Segar</b>	<b>4938,52</b>	<b>858,57</b>
6	Cimanggu, Perebusan	3976,08	681,52
7	Cimanggu, Pengukusan	2052,38	359,92
8	Cimanggu, Penggorengan	2640,79	535,61

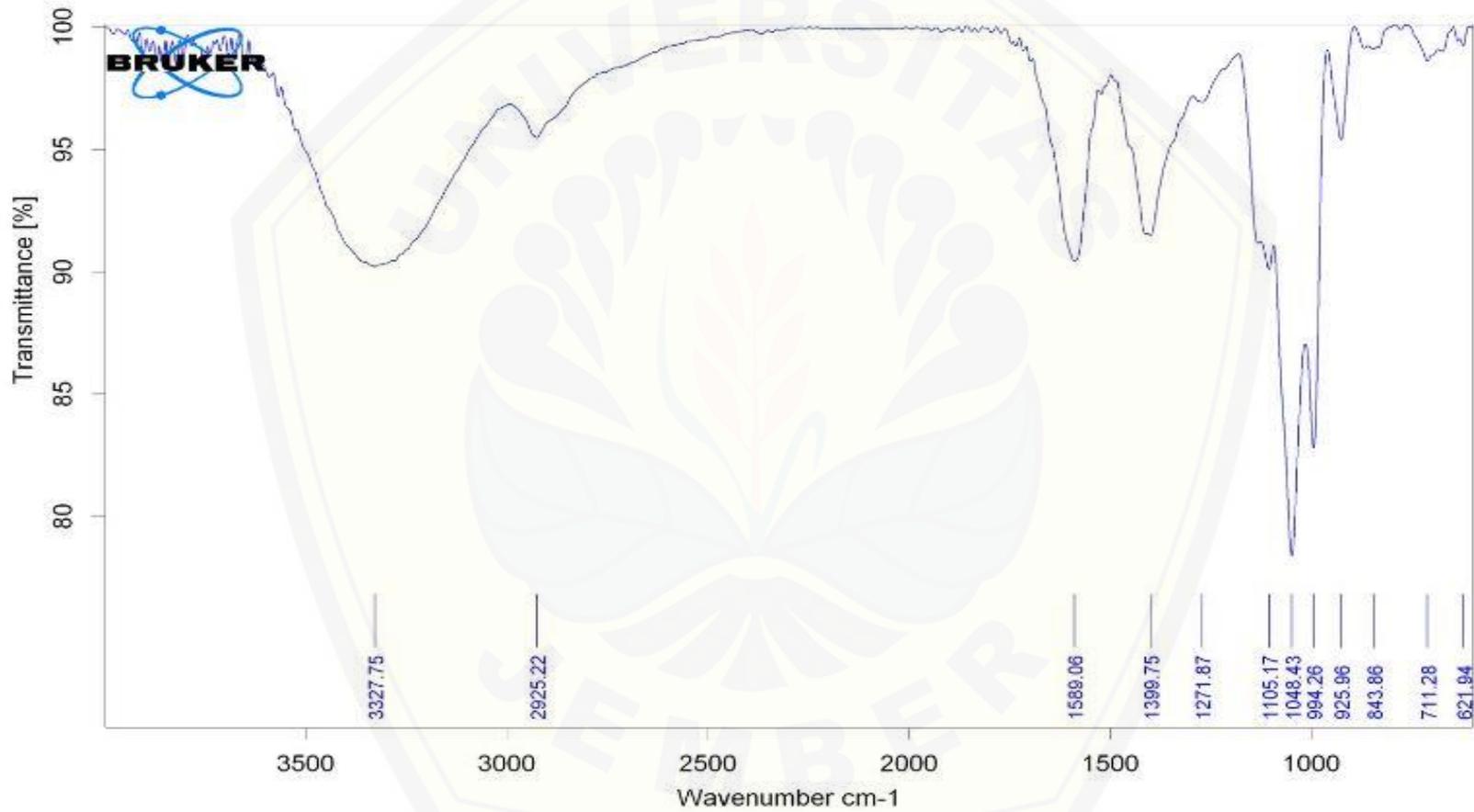
**Lampiran B.3.5** Persentase Penurunan Senyawa Linamarin

No.	Sampel	Persentase Penurunan (%)	
		Linamarin 1	Linamarin 2
1	Ketan, Perebusan	13,85	14,50
2	Ketan, Pengukusan	52,05	58,52
3	Ketan, Penggorengan	31,39	41,91
4	Cimanggu, Perebusan	19,49	20,61
5	Cimanggu, Pengukusan	58,44	58,07
6	Cimanggu, Penggorengan	46,53	47,61

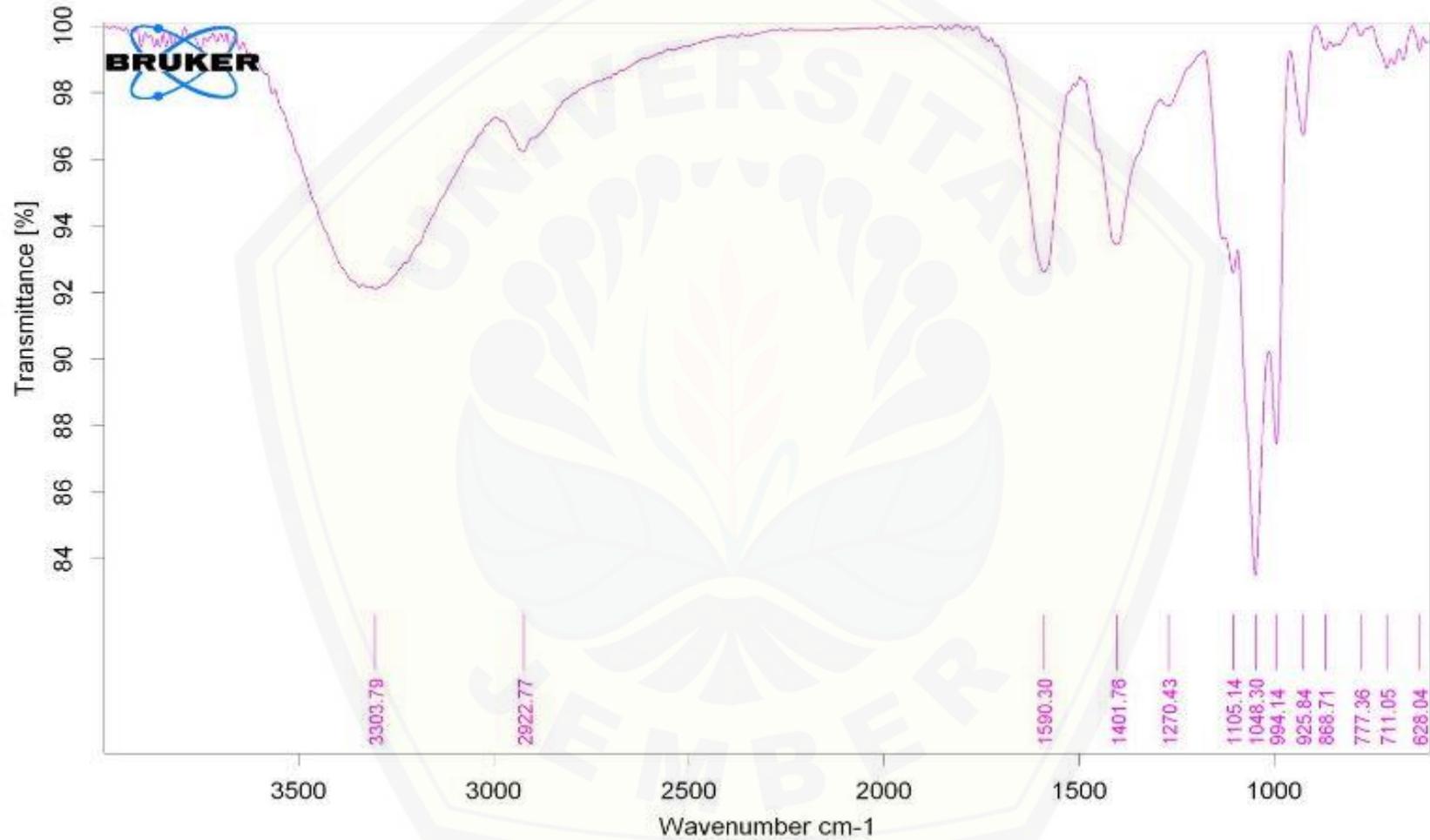


Lampiran C. Data Hasil Analisis FTIR

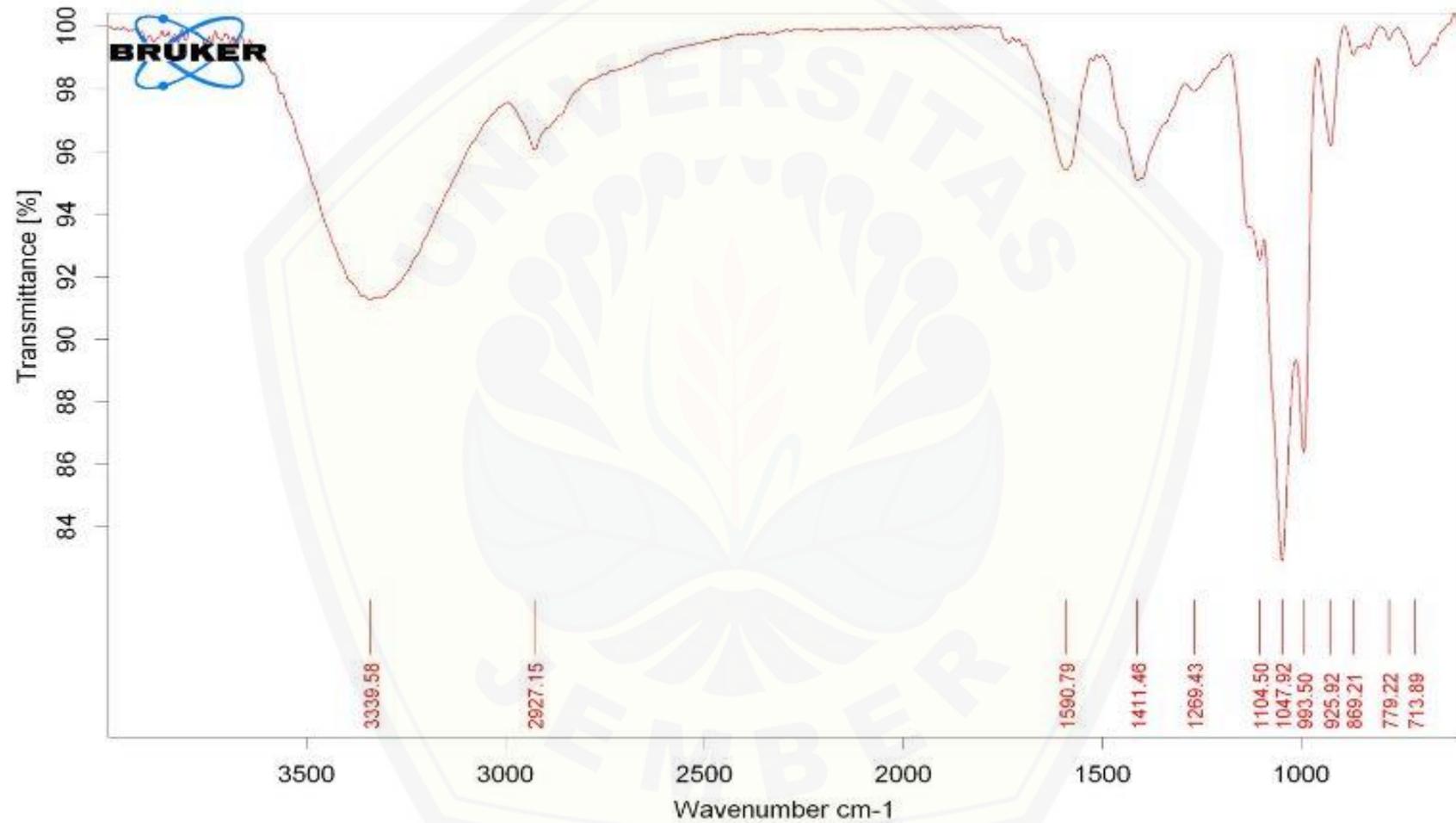
Lampiran C.1 Hasil Analisis FTIR Cimanggu-Perebusan



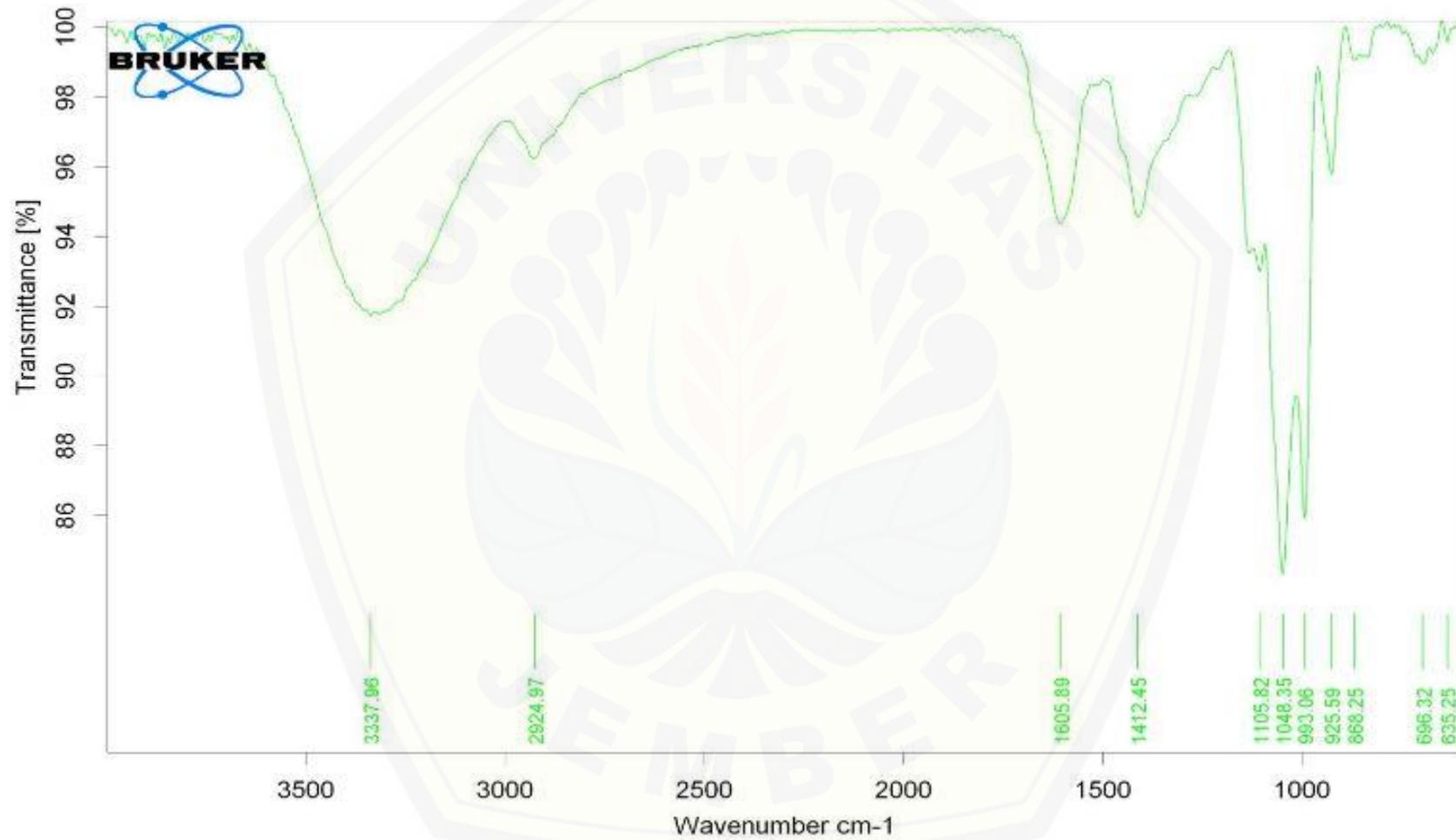
Lampiran C.2 Hasil Analisis FTIR Cimanggu-Pengukuran



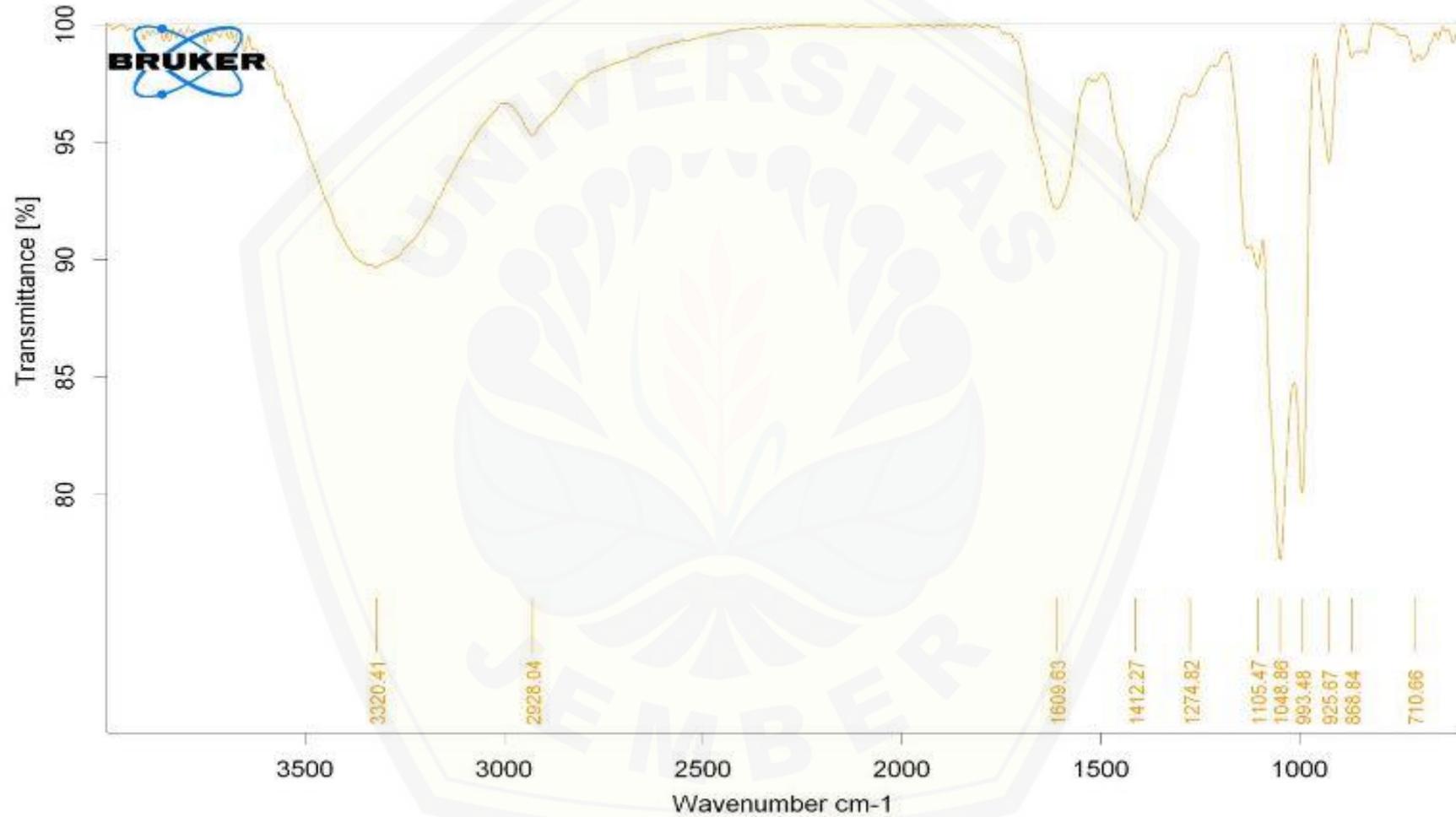
Lampiran C.3 Hasil Analisis FTIR Cimanggu-Penggorengan



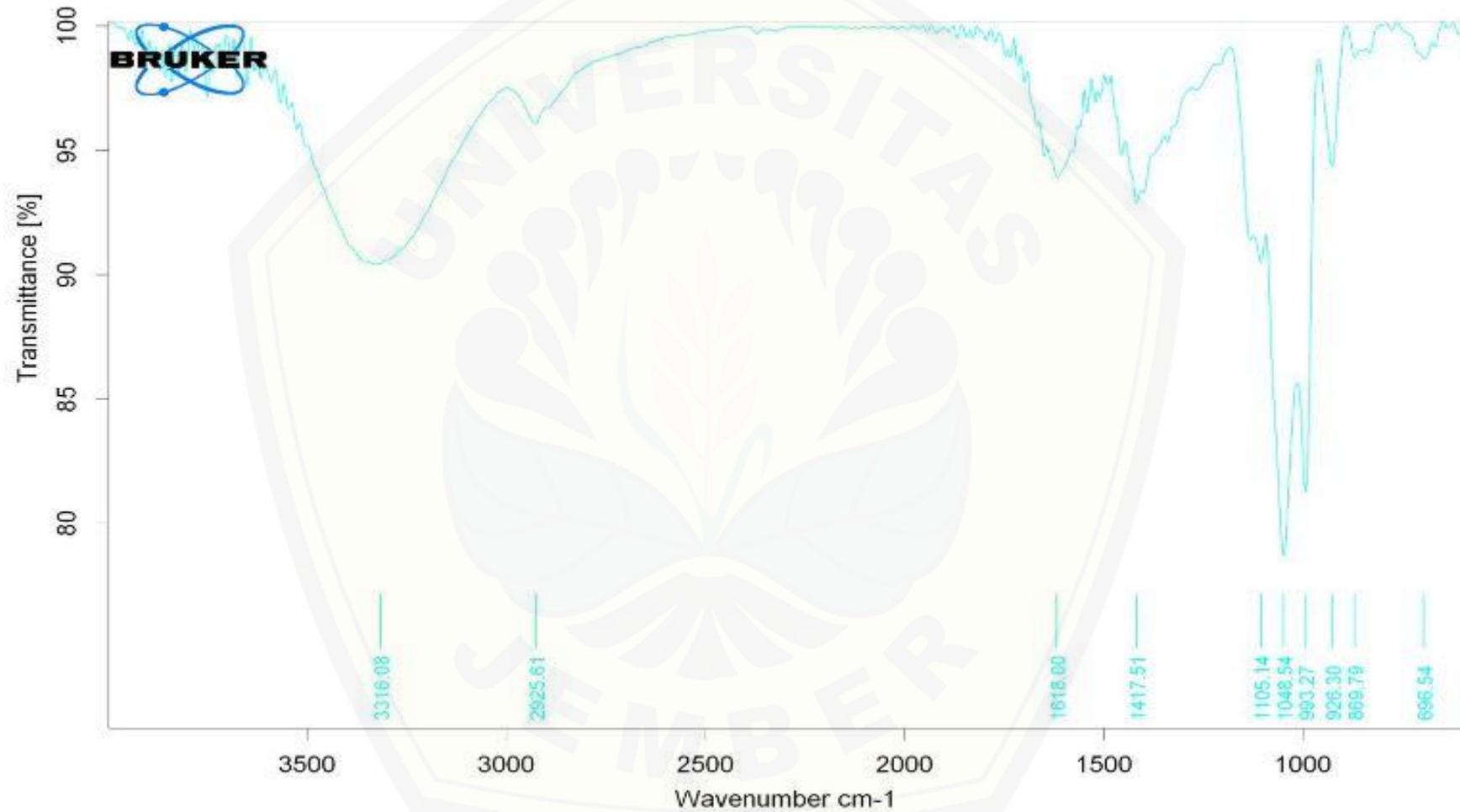
## Lampiran C.4 Hasil Analisis FTIR Ketan-Perebusan



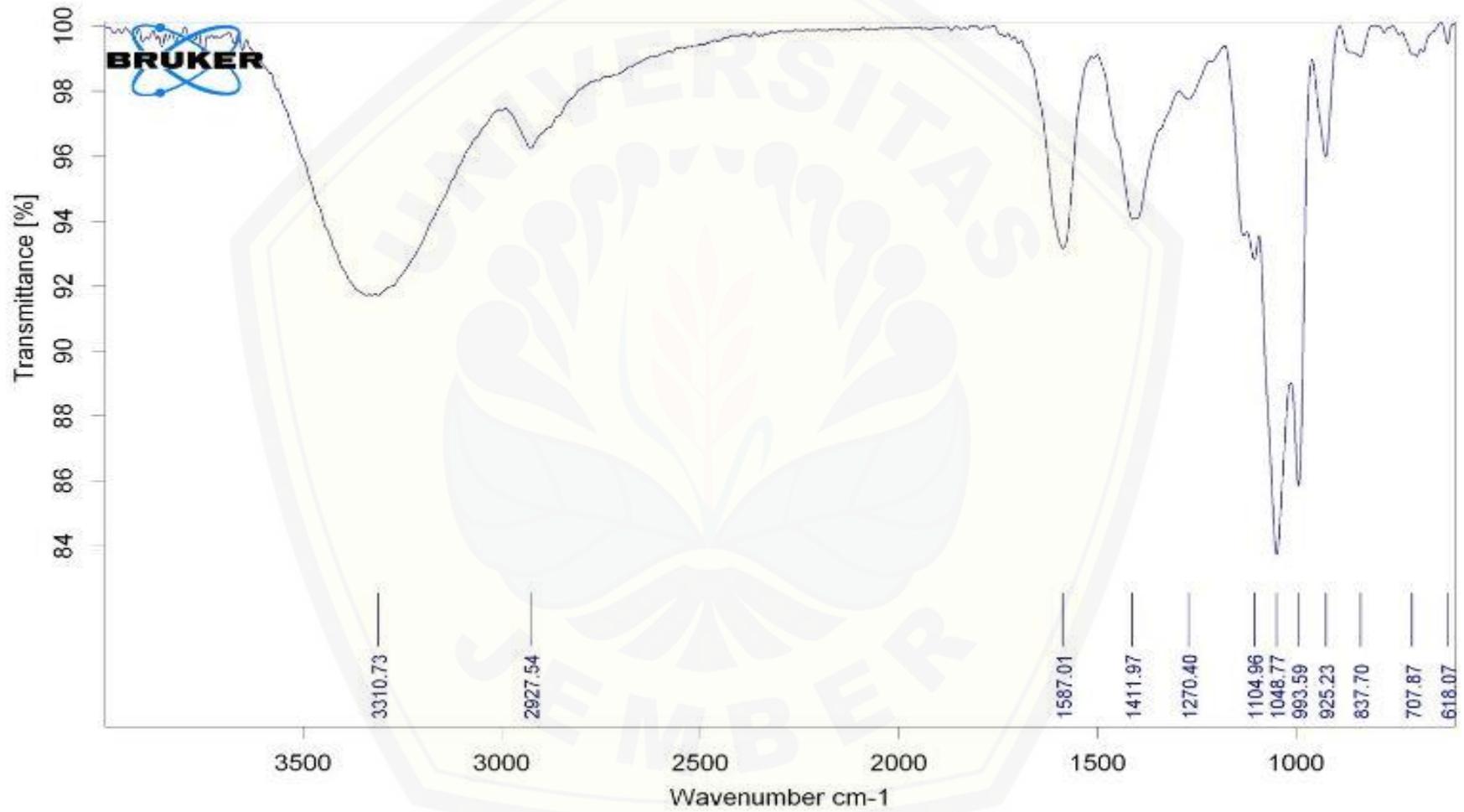
Lampiran C.5 Hasil Analisis FTIR Ketan-Pengukusan



Lampiran C.6 Hasil Analisis FTIR Ketan-Penggorengan



## Lampiran C.7 Hasil Analisis FTIR Kontrol



## Lampiran D. Dokumentasi Proses Ekstraksi Senyawa Linamarin

 <p>Singkong treatment</p>	 <p>Destruksi singkong</p>	 <p>Penyaringan</p>
 <p>Hasil penyaringan</p>	 <p>Evaporasi</p>	 <p>Hasil evaporasi</p>
 <p>Shaker waterbath</p>	 <p>Pengeringan</p>	 <p>Sampel linamarin</p>
 <p>Penimbangan</p>	 <p>Analisis FTIR</p>	 <p>Analisis LC-MS</p>