

**KARAKTERISASI SIFAT FISIKOKIMIA PATI DARI TIGA JENIS  
UBI KAYU MANIS (*Manihot esculenta Crantz*) PADA DUA UMUR  
PANEN YANG BERBEDA ASAL KECAMATAN PALAS,  
KABUPATEN LAMPUNG SELATAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**AULIA AUDIENSI**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRACT**

### **PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES CHARACTERIZATION OF THREE KINDS OF SWEET CASSAVA STARCH (*Manihot esculenta crantz*) AT TWO DIFFERENT AGES OF HARVEST FROM PALAS DISTRICT, LAMPUNG SELATAN**

**By**

**AULIA AUDIENSI**

Palas District is one of sweet cassava production centers in Lampung. Cassava contains starch which is quite high at 25-35%, but reports on the physicochemical properties of starches of several varieties especially low HCN varieties with different harvest ages have not been widely published. The aims of this research were to determine the effect of different cassava varieties, different cassava harvest ages and to know the interaction between harvest ages and cassava varieties used on the physicochemical properties characteristics of cassava starch. The factorial experiment was arranged in a Complete Randomized Block Design (CRBD) with two factors and four replications. The first factor was cassava varieties with 3 types namely Manalagi (V1), Mentega (V2), and Krembi (V3). The second factor was the harvest age (U) with two levels, namely 7-8 months (U1) and 8-9 months (U2). Data were analyzed for the homogeneity and additivity using *Bartlett's* and *Tuckey* tests, then continued with Anova and further tested

using *Duncan's* test at 5% level. Observations done in this study were moisture content, amylose content, water holding capacity (WHC), swelling power and solubility value, concentration of gel formation, granule appearance, and sensory properties (color and aroma). The results showed that the variety of the cassava had significant effect on amylose content, swelling power and solubility values, and cassava starch aroma in sensory properties. The harvest ages had significant effect on moisture content, amylose content, WHC value, swelling power and solubility value, concentration of gel formation and cassava starch aroma in sensory properties. There were significant interaction effect both variety and harvesting age on amylose content, swelling power, and solubility of cassava starch.

**Keywords:** amylose, cassava starch, manalagi, mentega, krembi.

## **ABSTRAK**

### **KARAKTERISASI SIFAT FISIKOKIMIA PATI DARI TIGA JENIS UBI KAYU MANIS (*Manihot esculenta Crantz*) PADA DUA UMUR PANEN YANG BERBEDA ASAL KECAMATAN PALAS, KABUPATEN LAMPUNG SELATAN**

**Oleh**

**AULIA AUDIENSI**

Kecamatan Palas menjadi salah satu sentra produksi ubi kayu manis di Lampung. Ubi kayu manis mengandung pati yang cukup tinggi sebesar 25-35%, namun laporan tentang sifat fisikokimia pati dari beberapa varietas terutama varietas manis rendah HCN dengan umur panen yang berbeda belum banyak dipublikasikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari perbedaan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan, mengetahui pengaruh dari perbedaan umur panen ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan, dan mengetahui adanya interaksi antara umur panen dan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor dan empat kali ulangan. Faktor pertama adalah varietas ubi kayu dengan 3 jenis yaitu Manalagi (V1),

Mentega (V2), dan Ketan (V3). Faktor kedua adalah umur panen (U) dengan dua taraf yaitu 7-8 bulan (U1) dan 8-9 bulan (U2). Data yang diperoleh diuji kesamaan ragamnya dengan uji *Bartlett* dan kemenambahan model diuji dengan uji *Tuckey*. Analisis data dilanjutkan dengan menggunakan uji *Duncan* pada taraf 5%. Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kadar air, kadar amilosa, *Water Holding Capacity* (WHC), pembengkakan granula (*swelling power*) dan kelarutan, konsentrasi terbentuknya gel, nilai penampakan granula, dan uji sensori (warna dan aroma). Hasil yang didapatkan yaitu terdapat pengaruh dari perbedaan varietas dan umur panen ubi kayu yang digunakan serta terdapat interaksi antar kedua faktor terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan. Perbedaan varietas ubi kayu (Manalagi, Mentega, Krembi) yang digunakan berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa, nilai *swelling power* dan kelarutan, serta pengujian sensori aroma pati ubi kayu. Perbedaan umur panen ubi kayu (7-8 bulan dan 8-9 bulan) yang digunakan berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar amilosa, nilai WHC, nilai *swelling power* dan kelarutan, skor konsentrasi terbentuknya gel serta pengujian sensori aroma pati ubi kayu. Perbedaan varietas dan umur panen ubi kayu menunjukkan adanya interaksi terhadap kadar amilosa, nilai *swelling power*, dan kelarutan pati ubi kayu.

**Kata kunci:** amilosa, krembi, manalagi, mentega, pati ubi kayu.

**KARAKTERISASI SIFAT FISIKOKIMIA PATI DARI TIGA JENIS UBI  
KAYU MANIS (*Manihot esculenta Crantz*) PADA DUA UMUR PANEN  
YANG BERBEDA ASAL KECAMATAN PALAS, KABUPATEN  
LAMPUNG SELATAN**

**Oleh**

**Aulia Audiensi**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **KARAKTERISASI SIFAT FISIKOKIMIA  
PATI DARI TIGA JENIS UBI KAYU MANIS  
(*Manihot esculenta Crantz*) PADA DUA  
UMUR PANEN YANG BERBEDA ASAL  
KECAMATAN PALAS, KABUPATEN  
LAMPUNG SELATAN**

Nama : **Aulia Audiensi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514051086

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

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

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


2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

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

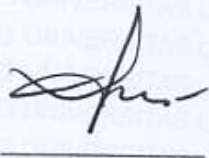
## MENGESAHKAN

### I. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., Ph.D.**

  
\_\_\_\_\_

Sekretaris : **Ir. Susilawati, M.Si**

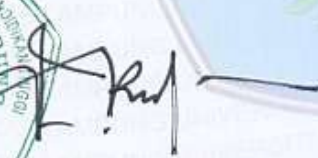
  
\_\_\_\_\_

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.**

  
\_\_\_\_\_

### 2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **26 Agustus 2019**



## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Aulia Audiensi NPM 1514051086

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

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

Bandar Lampung, 03 Oktober 2019  
Yang membuat pernyataan



Aulia Audiensi  
NPM. 1514051086

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 30 Juni 1997 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Ir. Hery Sutrisno, M.P. dan Ibu Dra. Henny Sulisty Mumpuni, S.H. Penulis menyelesaikan pendidikan dimulai dari Taman Kanak-Kanak di TK Al-Kautsar pada tahun 2003, Sekolah Dasar di SD Al-Kaustar pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Al-Kautsar pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kaustar pada tahun 2015. Penulis melanjutkan studi sarjana di Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri (UM) pada tahun 2015.

Pada bulan Januari – Maret 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukajaya, Kecamatan Gunung Agung, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Pada bulan Juli – Agustus 2018, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Kusuma Agrowisata, Kota Batu, Malang, Jawa Timur dan menyelesaikan laporan PU yang berjudul “Mempelajari Teknik Pemanenan, Teknologi Pasca Panen dan Manajemen Pemasaran Buah Apel di PT. Kusuma Satria Dinasari Wisata Jaya Batu Malang”. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Kimia Dasar II pada Tahun Ajaran 2016/2017, Asisten Dosen Mata Kuliah Teknologi Hasil Hewani pada Tahun Ajaran

2018/2019 dan Asisten Dosen Mata Kuliah Kimia Dasar pada Tahun Ajaran 2018/2019. Penulis memperoleh beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) selama 2 periode yaitu 2016/2017 dan 2017/2018. Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yaitu menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai Anggota Bidang Pendidikan dan Penalaran periode 2016/2017 dan 2017/2018 serta Duta Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2017/2018.

## SANWACANA

*Bismillahirrahmanirrahim.* Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pati dari Tiga Jenis Ubi Kayu Manis (*Manihot esculenta Crantz*) pada Dua Umur Panen yang Berbeda Asal Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam Kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Dua yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi, nasihat dan kritik dalam penyusunan skripsi.
3. Ibu Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengarahan, saran, nasihat dan motivasi dalam pelaksanaan perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.

4. Bapak Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis untuk penyempurnaan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff administrasi dan laboratorium di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
6. Kedua orang tua penulis tercinta Bapak Ir. Hery Sutrisno, M.P. dan Ibu Dra. Henny Sulisty Mumpuni, S.H., kakak-kakak penulis Aniessa Rinny Asnaning, Septafiansyah Dwi Putra dan Pandu Pamungkas, serta keponakan penulis Danishwara Putrama Abqary yang selalu memberikan do'a, dukungan, dan semangat yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Sahabat-sahabat dekat Shifa, Ayus, Idol, kak Roky, Rio, Gunawan, Bima, Hayyin, Reva, Eka Zumar, dan Novalita serta semua teman-teman Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2015 yang tidak pernah lelah mendukung, memberikan semangat, motivasi, pengalaman, dan kebersamaan.
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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

Bandar Lampung, 03 Oktober 2019

Penulis,

**Aulia Audiensi**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
1.4 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Ubi Kayu.....	8
2.1.2 Varietas Ubi Kayu .....	9
2.1.3 Panen dan Pasca Panen Ubi Kayu .....	12
2.2 Produksi Ubi Kayu di Provinsi Lampung.....	13
2.3 Kandungan Kimia Ubi Kayu .....	14
2.4 Pati Ubi Kayu .....	16
2.5 Sifat Fisikokimia Pati .....	27
2.5.1 Kelarutan dan <i>Swelling Power</i> .....	27
2.5.3 Gelatinisasi Pati .....	29
<b>III. BAHAN DAN METODE</b> .....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Bahan dan Alat .....	31

3.2.1 Bahan .....	31
3.2.2 Alat .....	32
3.3 Rancangan Percobaan.....	32
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.5 Pengamatan.....	35
3.5.1 Kadar Air .....	35
3.5.2 Kadar Amilosa.....	36
3.5.3 Penentuan Nilai <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) .....	38
3.5.4 Pembengkakan Granula ( <i>Swelling Power</i> ) dan Kelarutan .....	38
3.5.5 Konsentrasi Terbentuknya Gel.....	39
3.5.6 Penampakan Granula .....	40
3.5.7 Uji Sensori.....	40
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Kadar Air .....	42
4.2 Kadar Amilosa.....	43
4.3 Penentuan Nilai <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) .....	49
4.4 Pembengkakan Granula ( <i>Swelling Power</i> ) dan Kelarutan .....	51
4.4.1 Pembengkakan Granula ( <i>Swelling Power</i> ).....	51
4.4.2 Kelarutan .....	55
4.5 Konsentrasi Terbentuknya Gel .....	58
4.6 Penampakan Granula.....	62
4.7 Uji Sensori .....	65
4.7.1 Warna.....	65
4.7.2 Aroma .....	66
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>70</b>
5.1 Simpulan.....	70
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>82</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubi kayu di provinsi lampung tahun 2008-2015 .....	14
2. Data karakteristik kimia beberapa varietas ubi kayu.....	15
3. Kandungan amilosa dan amilopektin pati beberapa varietas ubi kayu .....	19
4. Perbedaan amilosa dan amilopektin .....	20
5. Komposisi kimia tepung tapioka per 100 gram bahan .....	25
6. Syarat mutu tapioka.....	26
7. Cara Pembuatan Standar Amilosa .....	36
8. Contoh kuesioner yang digunakan .....	41
9. Data pengamatan kadar air pati ubi kayu .....	83
10. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data kadar air pati ubi kayu.....	83
11. Analisis ragam data kadar air pati ubi kayu .....	84
12. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data kadar air pati ubi kayu.....	84
13. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data kadar air pati ubi kayu.....	84
14. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data kadar air pati ubi kayu.....	84



15. Data pengamatan uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	85
16. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	85
17. Analisis ragam data uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	86
18. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	86
19. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	86
20. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data uji konsentrasi terbentuknya gel (texture).....	86
21. Data pengamatan <i>water holding capacity</i> (WHC).....	87
22. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data <i>water holding capacity</i> (WHC).....	87
23. Analisis ragam data <i>water holding capacity</i> (WHC).....	88
24. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) <i>water holding capacity</i> (WHC).....	88
25. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data <i>water holding capacity</i> (WHC). .....	88
26. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data <i>water holding capacity</i> (WHC) .....	88
27. Data pengamatan kadar amilosa pati ubi kayu.....	89
28. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data kadar amilosa pati ubi kayu .....	89
29. Analisis ragam data kadar amilosa pati ubi kayu.....	90
30. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data kadar amilosa pati ubi kayu .....	90
31. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data kadar amilosa pati ubi kayu.....	90

32. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data kadar amilosa pati ubi kayu.....	90
33. Data pengamatan uji sensori warna pati ubi kayu .....	91
34. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data uji sensori warna pati ubi kayu .....	91
35. Analisis ragam data uji sensori warna pati ubi kayu.....	92
36. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data uji sensori warna pati ubi kayu.....	92
37. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data uji sensori warna pati ubi kayu.....	92
38. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data uji sensori warna pati ubi kayu.....	92
39. Data pengamatan uji sensori aroma pati ubi kayu .....	93
40. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data uji sensori aroma pati ubi kayu.....	93
41. Analisis ragam data uji sensori aroma pati ubi kayu .....	94
42. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data uji sensori aroma pati ubi kayu.....	94
43. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data uji sensori aroma pati ubi kayu.....	94
44. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data uji sensori aroma pati ubi kayu.....	94
45. Data pengamatan <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	95
46. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	95
47. Analisis ragam data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	96
48. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	96

49. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	96
50. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	96
51. Data pengamatan <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	97
52. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	97
53. Analisis ragam data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	98
54. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	98
55. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	98
56. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	98
57. Data pengamatan <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	99
58. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	99
59. Analisis ragam data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	100
60. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	100
61. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	100
62. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data <i>swelling power</i> pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	100
63. Data pengamatan kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C.....	101
64. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	101
65. Analisis ragam data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C.....	102

66. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	102
67. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	102
68. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 60 °C .....	102
69. Data pengamatan kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C.....	103
70. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	103
71. Analisis ragam data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C.....	104
72. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	104
73. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	104
74. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 70 °C .....	104
75. Data pengamatan kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C.....	105
76. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam ( <i>Bartlett's test</i> ) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	105
77. Analisis ragam data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C.....	106
78. Uji Duncan terhadap perlakuan (interaksi faktor VU) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	106
79. Uji Duncan terhadap faktor U (umur) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	106
80. Uji Duncan terhadap faktor V (varietas) data kelarutan pati ubi kayu pada suhu 80 °C .....	106

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Reaksi pembentukan hidrogen sianida.....	16
2. Mekanisme skematis biosintesis pati dalam akar penyimpanan ubi kayu.....	18
3. Struktur kimia amilosa dan amilopektin.....	20
4. Model struktur granula pati.....	22
5. Struktur amilopektin pada daerah kristalin (1) dan amorf (2).....	23
6. Kompleks amilosa dengan dua molekul monopalmitan.....	25
7. Diagram alir pembuatan pati ubi kayu.....	34
8. Pengaruh umur panen ubi kayu terhadap kadar air pati ubi kayu.....	42
9. Pengaruh varietas ubi kayu terhadap kadar amilosa pati ubi kayu.....	44
10. Pengaruh umur panen ubi kayu terhadap kadar amilosa pati ubi kayu.....	46
11. Interaksi antara varietas dan umur panen ubi kayu manis terhadap kadar amilosa pati ubi kayu.....	47
12. Pengaruh umur panen ubi kayu terhadap nilai whc pati ubi kayu.....	49
13. Interaksi antara varietas dan umur panen ubi kayu terhadap nilai <i>swelling power</i> pati ubi kayu.....	51
14. Interaksi antara varietas dan umur panen ubi kayu terhadap nilai kelarutan pati ubi kayu.....	54
15. Pengaruh umur panen ubi kayu terhadap tingkat kekerasan gel pati ubi kayu.....	58

16. Hasil penampakan visual gel pati ubi kayu pada konsentrasi 10% .....	60
17. Penampakan granula pati .....	61
18. Pengaruh varietas ubi kayu terhadap aroma pati ubi kayu .....	65
19. Pengaruh umur panen ubi kayu manis terhadap aroma pati ubi kayu .....	67
20. Kurva standar amilosa .....	107
21. Pengupasan kulit ubi kayu .....	108
22. Penimbangan ubi kayu.....	108
23. Pencucian ubi kayu .....	108
24. Ubi kayu yang telah dicuci .....	108
25. Penghalusan ubi kayu .....	109
26. Pemerasan pati ubi kayu .....	109
27. Pengendapan pati ubi kayu .....	109
28. Pati ubi kayu yang telah dikeringkan.....	109
29. Pengayakan pati ubi kayu .....	110
30. Penimbangan pati ubi kayu .....	110

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan salah satu hasil pertanian yang mengandung karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi (161 Kkal), umbinya mengandung air sekitar 60%, pati (25-35%), protein, mineral, serat, kalsium, dan fosfat (Noerwijati dan Mejaya, 2015). Ubi kayu sangat potensial untuk dijadikan bahan baku berbagai industri diantaranya industri pangan, pakan, farmasi, dan kertas (Rahmiati *et al.*, 2016). Lampung termasuk salah satu sentra produksi ubi kayu terbesar di Indonesia. Sentra produksi ubi kayu di Lampung tersebar di beberapa daerah, seperti di daerah Lampung Tengah, Mesuji, Kalianda dan beberapa daerah lainnya. Palas menjadi salah satu kecamatan di Lampung Selatan dengan produksi ubi kayu yang cukup melimpah. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Lampung Selatan pada tahun 2013, produksi ubi kayu sebesar 210.175 ton, sedangkan pada kecamatan Palas sebesar 6.531 ton.

Sifat fisik dan kimia ubi kayu sangat penting untuk peningkatan kualitas hasil panen dan pengembangan produk ubi kayu. Karakterisasi sifat fisik dan kimia ubi kayu salah satunya ditentukan oleh sifat pati yang merupakan komponen utama dari ubi kayu. Oleh karena itu kualitas produk olahan ubi kayu ditentukan oleh

kualitas patinya. Pati termasuk karbohidrat jenis polisakarida. Polisakarida ini banyak terdapat di alam yang sebagian besar terdapat di dalam tumbuhan (Horiński *et al.*, 2016; Uarrota *et al.*, 2016; Ngea *et al.*, 2016). Pengolahan umbi ubi kayu menjadi bentuk pati yang siap pakai terutama untuk produksi makanan olahan, dapat mendorong munculnya produk-produk yang lebih beragam juga berkembangnya industri berbasis pati ubi kayu. Pati ubi kayu dapat juga dimanfaatkan untuk substitusi terigu dan mengurangi ketergantungan terhadap beras, karena mengandung karbohidrat dalam jumlah yang tinggi.

Pati umumnya diproduksi secara komersial dari ubi kayu berjenis pahit. Jenis pati alami ini mempunyai banyak kelemahan dalam aplikasinya antara lain selama proses pengolahan tidak tahan panas, pengadukan dan asam, serta selama penyimpanan produk olahan tidak stabil seperti terjadinya sineresis dan retrogradasi. Oleh karena itu umumnya dilakukan modifikasi baik secara kimia, fisik dan enzimatis untuk memperbaiki sifat fungsionalnya. Kecenderungan konsumsi untuk kembali pada produk alami menyebabkan pentingnya ditemukan alternatif lain untuk memproduksi pati alami dari ubi kayu jenis lain. Salah satu alternatif yang perlu diteliti adalah penggunaan ubi kayu berjenis manis untuk bahan baku produksi pati (tapioka).

Provinsi Lampung menjadi salah satu daerah yang banyak ditanam ubi kayu jenis manis yang digunakan untuk bahan baku makanan seperti opak, kelanting, oyek, dll. Akan tetapi, laporan tentang sifat/karakteristik pati beberapa ubi kayu jenis manis dengan umur panen berbeda belum banyak dipublikasikan. Oleh karena itu



dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi sifat-sifat fisikokimia pati dari beberapa ubi kayu jenis manis dengan dua umur panen berbeda yang ditanam di Kecamatan Palas.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah dikemukakan maka tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh dari perbedaan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh dari perbedaan umur panen ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.
3. Mengetahui adanya interaksi antara umur panen dan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.

## **1.3. Kerangka Pemikiran**

Ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) dapat dijadikan sebagai pangan alternatif sehingga dapat meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia. Komponen karbohidrat utama dari ubi kayu adalah pati, yaitu sekitar 25-35%. Pati diperoleh dengan cara mengekstraksi tanaman yang kaya akan karbohidrat seperti sagu, ubi kayu, jagung, gandum, dan ubi jalar (Cornelia *et al.*, 2013). Ekstraksi pati merupakan proses untuk mendapatkan pati dari suatu tanaman dengan cara

memisahkan pati dari komponen lainnya yang terdapat pada tanaman tersebut (Caye *et al.*, 2013). Ekstraksi ubi kayu menjadi pati yang siap pakai terutama untuk produksi makanan olahan dapat mendorong munculnya produk yang lebih beragam dalam industri berbahan dasar pati ubi kayu. Beberapa contoh produk yang memanfaatkan pati ubi kayu sebagai bahan baku antara lain bakso, pempek, tekwan, kerupuk, kue kering, mie dan industri gula cair.

Sintesa pati pada ubi kayu sangat tergantung pada varietas, umur panen, curah hujan dan faktor lain. Umur panen dari ubi kayu bervariasi tergantung dari kondisi iklim dan lingkungan, biasanya berkisar antara 7-9 bulan. Tanaman ubi kayu ditanam secara vegetatif, dengan cara menancapkan potongan batang ubi kayu bagian bawah (stek batang) yang berumur sekitar 9-10 bulan. Periode panen yang beragam dapat menghasilkan ubi kayu yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda – beda. Sifat fisik dan kimia pati seperti bentuk dan ukuran granula, kandungan amilosa dan kandungan komponen non pati sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, kondisi tempat tumbuh dan umur tanaman (Moorthy, 2002). Ginting dan Noerwijati (2012), melaporkan bahwa 8 klon ubi kayu dengan umur panen 6 dan 10 bulan menghasilkan kadar pati yang berbeda. Lebih lanjut juga dilaporkan bahwa sampai umur 10 bulan, kadar pati semua klon ubi kayu mengalami peningkatan sekitar 10–25% sehingga semakin lama umur panen, akan menghasilkan kadar pati yang semakin meningkat.

Kandungan dari ubi kayu dapat dikatakan manis atau tidak berdasarkan asam sianida (HCN) yang terkandung didalam umbi. Berdasarkan kandungan asam

sianida dan tingkat rasa pahit, ubi kayu dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu kelompok pahit dengan kadar HCN lebih dari 100 ppm, agak pahit dengan kadar HCN 50-100 ppm, dan ubi kayu enak dengan kadar HCN kurang dari 50 ppm (Islami, 2014). Menurut Ginting dan Noerwijati (2012) dalam penelitiannya, interaksi antara klon ubi kayu yang berbeda dengan umur panen yang berbeda pula dapat berpengaruh nyata terhadap kadar HCN umbi segar. Pada umur enam bulan, kadar HCN tertinggi terdapat pada klon MLG 10288 dan terendah pada klon MLG 10310. Sementara pada umur 10 bulan, klon MLG 10288 menunjukkan kadar HCN tertinggi dan terendah pada klon MLG 10260. Pada pemanenan umur 10 bulan, empat klon mengalami peningkatan kadar HCN, dua klon tetap dan satu klon turun dibanding panen umur enam bulan.

Keunggulan ubi kayu tidak hanya ditentukan oleh hasil umbi, namun juga oleh sifat fisikokimia pati yang dihasilkan (Rongsirikul *et al.*, 2010). Dalam hal ini yang termasuk sifat-sifat fisikokimia pati antara lain kandungan amilosa dan amilopektin, viskositas, gelatinisasi, dan *swelling power* (Murillo *et al.*, 2008). Pangestuti (2010) dalam penelitiannya melaporkan bahwa perbedaan varietas ubi kayu akan menghasilkan tapioka dengan karakteristik fisik, kimia dan fungsional yang berbeda. Hampir semua karakteristik keempat jenis tapioka (Adira 2, Adira 4, Manggu dan Valenca) yang dianalisis seperti rendemen, *swelling power*, kelarutan, kekuatan gel, kejernihan pasta, dan proksimat dipengaruhi oleh varietas ubi kayu yang digunakan.

Sifat fisikokimia pati akan berpengaruh pada granula pati baik dalam bentuk gel, larutan maupun kristal. Menurut Niba *et al.* (2002), ukuran granula pati akan mempengaruhi penyerapan air pada granula pati yang pada akhirnya nanti akan mempengaruhi karakteristik gel yang dihasilkan. Pati yang memiliki ukuran granula lebih kecil akan lebih larut dalam air. Selain itu pula, bentuk granula pati akan mempengaruhi reaksi antara pati dengan asam atau enzim. Namun, menurut deMan (1989) dan Moorthy (2004), pati dengan butir yang lebih besar akan mengembang dan membentuk gel pada suhu yang lebih rendah daripada butir pati berbutir kecil, sehingga suhu gelatinisasi lebih rendah.

Kandungan amilosa dan amilopektin memiliki pengaruh yang sangat besar pada sifat fisikokimia pati (Ann-Charlotte Eliasson, 2004). Keduanya saling berhubungan dalam mengubah maupun membentuk sifat yang berbeda-beda tergantung pada perlakuannya. Menurut penelitian Susilawati *et al.* (2008) yang menggunakan lokasi penanaman ubi kayu dan umur panen berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa umbi. Kadar amilosa tertinggi di lokasi A pada ubi kayu yang berumur panen 8 bulan yaitu sekitar 22%. Selanjutnya, pada umur 9 dan 10 bulan terjadi penurunan kadar amilosa yang masing-masing sekitar 21% dan 19%. Begitu juga pada lokasi B yang hasilnya sama dengan lokasi A, hal ini diduga karena penurunan kadar amilosa pada kedua lokasi tanam dengan umur panen 9 dan 10 bulan disebabkan amilosa yang terkandung didalam pati tersebut mengalami titik jenuh.

Pati yang berasal dari sumber yang berbeda menunjukkan karakter yang berbeda. Aplikasi pati dalam suatu produk dipengaruhi oleh kemampuannya untuk membentuk karakteristik produk akhir yang diinginkan. Perbedaan karakteristik fisikokimia seperti bentuk granula, rasio amilosa/amilopektin, karakteristik molekuler pati dan keberadaan komponen lain merupakan penyebab perbedaan sifat fungsionalitas (Copelan *et al.*, 2009; Nwokocha *et al.*, 2009). Hal ini akan berdampak pada perbedaan produk akhir yang dihasilkan (Syamsir *et al.*, 2011). Pati ubi kayu memiliki sifat yang unik dengan warna yang putih dan flavor netral. Keunikan sifat ini menyebabkan pati ubi kayu dimanfaatkan sebagai *ingredient* dan *additif* pada industri pangan, diantaranya sebagai pengental, bahan pengisi dalam produk makanan bayi dan bahan pengikat pada produk-produk biskuit dan konfeksioneri (Tonukari, 2004).

#### **1.4. Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran yang dikemukakan maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh dari perbedaan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap karakteristik sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.
2. Terdapat pengaruh dari perbedaan umur panen ubi kayu yang digunakan terhadap sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.
3. Terdapat interaksi antara umur panen dan varietas ubi kayu yang digunakan terhadap sifat fisikokimia pati ubi kayu yang dihasilkan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Ubi Kayu

Ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan salah satu jenis umbi yang dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat. Kebutuhan ubi kayu di dunia dipenuhi oleh lima negara produsen yaitu Nigeria (32%), Kongo (19%), Brazil (18%), Thailand (14%) dan Indonesia (12%) (Saliem dan Nuryanti, 2011). Daerah yang memiliki ketinggian sampai dengan 2.500 m dari permukaan laut sangat cocok untuk pertumbuhan ubi kayu. Berdasarkan BPS (2013), menunjukkan bahwa terdapat lima provinsi teratas yang merupakan sentra produksi ubi kayu terbesar di Indonesia, yaitu Provinsi Lampung, Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Sumatera Utara. Provinsi Lampung merupakan salah satu sentra produksi ubi kayu di Indonesia dengan luas panen sebesar 367.966 Ha, produksi sebanyak 9.633.560 ton dan produktivitas sebesar 26,181 ton/Ha.

Umbi ubi kayu berbentuk seperti silinder yang ujungnya mengecil dengan diameter rata-rata 2-5 cm dan panjang sekitar 20 – 30 cm, tergantung dari jenis ubi kayu yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Umbinya memiliki kulit yang terdiri dari dua lapis yaitu kulit luar (eksodermis) dan kulit dalam (endodermis) serta dibagian tengah daging umbi terdapat suatu jaringan yang tersusun atas serat. Ubi kayu segar mengandung air dan pati yang

relatif tinggi. Tanaman ubi kayu dapat diperbanyak dengan cara generatif (biji) dan vegetatif (stek batang), namun umumnya lebih banyak dipilih menggunakan vegetatif (stek batang). Mutu ubi kayu sangat dipengaruhi varietas, umur panen, tempat tumbuh, perawatan dan pemupukan pada masa budidaya. Umur ubi kayu yang telah siap panen berkisar antara 7-9 bulan. Umur simpan ubi kayu segar relatif pendek, untuk itu ubi kayu diolah menjadi beberapa produk seperti gaplek, tepung tapioka, oyek, tape, peuyeum, keripik ubi kayu dan lain-lain agar umur simpan lebih lama (Koswara, 2013).

### **2.1.1. Varietas Ubi Kayu**

Pemilihan varietas ubi kayu harus disesuaikan dengan pemanfaatannya seperti dalam pembuatan pangan, pakan, dan bahan dasar berbagai industri. Ubi kayu yang dikonsumsi secara langsung untuk bahan pangan diperlukan varietas ubi kayu yang memiliki kandungan HCN umbi rendah sehingga biasanya ditanam oleh petani untuk mencukupi kebutuhan pangan seperti Ketan dan Mentega, serta varietas unggul Adira-1 dan Malang-2 mempunyai rasa enak, sedangkan untuk bahan dasar industri diperlukan varietas ubi kayu yang mempunyai kadar bahan kering dan pati yang tinggi dengan kadar HCN tinggi dimana tetap dapat digunakan karena HCN tersebut akan hilang selama pemrosesan menjadi tepung dan pati seperti UJ-5, UJ-3, Adira-4, Malang-4, dan Malang-6. Golongan ubi kayu yang beracun mempunyai umbi yang lebih besar serta tahan terhadap penyakit (Twyongyere and Katongole, 2012).

Ubi kayu biasanya digolongkan menjadi tiga kategori antara lain:

- a. Jenis ubi kayu manis, yaitu jenis ubi kayu yang dapat dikonsumsi langsung seperti Adira 1, Mentega, Betawi, Mangi, serta Darul Hidayah yang memiliki kadar sianida yang sangat rendah, hanya sebesar 0.04% atau 40 mg HCN/kg ubi kayu.
- b. Jenis ubi kayu pahit agak beracun (*Manihot palmate*) seperti Adira 4 dan Malang 4 dengan kadar sianida berkisar 40- 80 mg/kg.
- c. Jenis ubi kayu sangat beracun yang memiliki kadar sianida lebih dari 100 mg/kg umbi segar yang dapat membahayakan kesehatan seperti Malang 6 (Ginting, 2002; Yuningsih, 2009).

Menurut Gardjito *et al.* (2013), jenis ubi kayu manis atau ubi kayu konsumsi lebih banyak ditemukan pada varietas lokal antara lain mentega, manggis, wungu, mangler, roti, odang, jinggul, batak seluang, faroka, dan sebagainya. Varietas unggul nasional ubi kayu konsumsi antara lain Adira 1, Adira 2, Malang 1, Malang 2, dan Darul Hidayah. Varietas ubi kayu yang banyak berkembang di Lampung diantaranya UJ-3, UJ-5, dan Litbang UK-2 yang berjenis pahit dan dapat dipanen pada umur 7 bulan yang umumnya ditanam dua kali setahun. Umbi ketiga varietas tersebut berkembang sangat cepat dengan bobot umbi pada umur 7 bulan mencapai 70% dari bobot umbi pada umur 9-10 bulan (Balitkabi, 2017).

Berdasarkan kadar asam sianida (HCN) dalam ubi kayu, tidak semua jenis ubi kayu dapat dikonsumsi ataupun diolah secara langsung. Ubi kayu dengan kadar



HCN kurang dari 100 mg/kg merupakan ubi kayu yang layak dan aman dikonsumsi ataupun diolah sebagai bahan makanan secara langsung. Sianida adalah senyawa kimia yang mengandung gugus CN dengan atom karbon terikat rangkap tiga pada atom nitrogen. Sianida merupakan senyawa tidak berwarna, sangat beracun dan mudah menguap pada suhu kamar 26°C. Ubi kayu mengandung senyawa sianogenik yang dikenal dengan linamarin (93%) dan lotaustralin (7%). Menurut Yuningsih (2009), perbedaan kadar senyawa sianogenik tersebut dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman, dan kondisi lingkungan seperti kondisi tanah, kelembaban, suhu, dan yang lainnya. Senyawa ini tidak secara langsung dapat menimbulkan keracunan, namun senyawa ini juga bersifat goitrogenik, yaitu dapat menghambat penyerapan iodium yang dapat menimbulkan kekurangan zat yodium.

Ubi kayu biasanya diperdagangkan dalam bentuk masih berkulit. Umbi ubi kayu menjadi sumber karbohidrat yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan pangan pengganti beras/bahan baku industri pangan maupun industri non pangan. Rasulu *et al.* (2012) melaporkan dalam bidang industri pangan, produk ubi kayu telah dikembangkan secara komersial. Salah satunya dalam bentuk tepung yang digunakan sebagai bahan campuran dalam industri mie kering dan industri roti. Hal yang sama dikemukakan oleh Maharani *et al.* (2015) pati ubi kayu sebagai komponen karbohidrat utama dalam ubi kayu merupakan salah satu bahan penting dalam beberapa industri seperti industri bahan makanan, lem, glukosa, fruktosa, dan lain-lain.

### **2.1.2. Panen dan Pascapanen Ubi Kayu**

Ubi kayu dapat dipanen pada umur sekitar 7 - 9 bulan dimana kadar pati dalam keadaan optimal dengan cara mencabut batangnya dan umbi yang tertinggal diambil dengan cangkul atau garpu tanah (Prihandana *et al.*, 2008; Wargiono *et al.*, 2006). Penundaan umur panen hanya dapat dilakukan di daerah beriklim basah dan tidak sesuai di daerah beriklim kering. Pemanenan ubi kayu di daerah beriklim basah dapat ditunda sampai ubi yang ditanam berumur 12 bulan karena kadar pati cenderung stabil setelah umur 7 - 9 bulan (Prihandana *et al.*, 2008).

Penanganan pascapanen yang tepat pada ubi kayu merupakan kegiatan yang sangat penting seperti pengumpulan, penyortiran, penyimpanan, pengemasan, dan pengangkutan yang disebabkan karena ubi kayu memiliki daya simpan yang pendek. Hasil panen dikumpulkan di lokasi yang cukup strategis, aman dan mudah dijangkau oleh angkutan. Kemudian dilakukan penyortiran untuk memilih umbi yang berwarna bersih terlihat dari kulit umbi yang segar serta yang cacat terutama terlihat dari ukuran besarnya umbi serta bercak hitam/garis-garis pada daging umbi. Selanjutnya dilakukan penyimpanan di dalam tanah yang bagian dasarnya telah dilapisi dedaunan ataupun jerami sampai umbi akan digunakan dengan cara harus dikemas. Ubi kayu biasanya dikemas untuk menghindari kerusakan selama pengangkutan. Ubi kayu dapat dikemas dalam karung atau keranjang. Ubi kayu akan berwarna biru ketika terjadi pembusukan, kemudian berubah menjadi warna kecoklatan atau coklat kehitaman (Morante *et al.*, 2010). Pengangkutan dilakukan dengan alat transportasi dari pengepul menuju ke pihak

yang mengolah ubi kayu menjadi bahan jadi maupun setengah jadi (Bargumono, 2013).

Mutu ubi kayu sangat dipengaruhi varietas, umur panen, tempat tumbuh, perawatan dan pemupukan pada masa budidaya (Koswara, 2013). Pemanenan ubi kayu yang tepat akan menghasilkan tapioka dengan kualitas yang baik dan rendemen yang tinggi. Menurut Asnawi (2003), umur panen yang terlalu cepat akan merugikan karena kandungan kadar pati ubi kayu masih rendah yang menyebabkan kualitas ubi kayu menjadi kurang baik. Dalam pembuatan tapioka, idealnya ubi kayu dipanen jika kandungan patinya tertinggi. Jika umur panen terlalu tua, ubi kayu mengeras dan berkayu karena banyak mengandung komponen-komponen non-pati seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin (Susilawati *et al.*, 2008).

## **2.2. Produksi Ubi Kayu di Provinsi Lampung**

Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi penghasil ubi kayu terbesar di Indonesia. Produksi ubi kayu di Provinsi Lampung pada tahun 2015 mencapai 8,038 juta ton umbi basah yang menyuplai sepertiga produksi ubi kayu nasional dari total ubi kayu nasional sebesar 22,91 juta ton umbi basah. Perkembangan produksi ubi kayu pada tahun 2008 hingga 2011 sebesar 9,19 juta ton umbi basah terus meningkat yang didukung oleh luas panen dan produktivitas ubi kayu yang menunjukkan peningkatan yang stabil. Namun, penurunan produksi ubi kayu terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 8,39 juta ton umbi basah hingga tahun 2014

sebesar 8,034 juta ton umbi basah. Penurunan tersebut disebabkan oleh berkurangnya luas panen meskipun produktivitas meningkat. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubi kayu di Provinsi Lampung tahun 2008 – 2015 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi, luas panen, dan produktivitas ubi kayu di Provinsi Lampung tahun 2008 - 2015

Tahun	Produksi (Ton)	Luas Panen (Ha)	Produktivitas (Ton/Ha)
2008	7.721.882	318.969	24,209
2009	7.569.178	309.047	24,492
2010	8.637.594	346.217	24,948
2011	9.193.676	368.096	24,976
2012	8.387.351	324.749	25,827
2013	8.329.201	318.107	26,184
2014	8.034.016	304.468	26,387
2015	8.038.963	301.684	26,647

Sumber: BPS (2016)

### 2.3. Kandungan Kimia Ubi Kayu

Ubi kayu mengandung karbohidrat yang tinggi mencapai 80-90% (bb) dengan pati sebagai komponen utamanya. Kadar pati ubi kayu akan sangat dipengaruhi oleh umur panen. Berdasarkan sifat kimiawi, ubi kayu segar mengandung kadar air yang cukup tinggi berkisar 60-65 %, kadar sianida (HCN) antara lain ada yang beracun (lebih dari 100 ppm), kurang beracun (50-100 ppm) dan tidak beracun (kurang dari 50 ppm), senyawa phenol yang dapat menyebabkan pencoklatan karena enzim phenolase yang mengalami proses oksidasi sehingga ubi kayu segar mudah mengalami kerusakan apabila tidak mendapatkan penanganan pasca panen setelah tiga hari (Trisnanto, 2013).

Menurut Salim (2011), ubi kayu memiliki kandungan senyawa-senyawa yang bermanfaat bagi tubuh jika dilihat dari komponen kimianya, namun ubi kayu juga memiliki senyawa glukosida yang bersifat racun dan membentuk asam sianida. Ubi kayu tidak dapat dikonsumsi secara langsung, tetapi harus melewati beberapa tahap pengolahan seperti pemanasan, perendaman dalam air, penghancuran atau proses tradisional lainnya dalam menurunkan atau membuang senyawa sianida yang bersifat mematikan yang terkandung di dalam ubi kayu. Data karakteristik kimia dari beberapa varietas ubi kayu dapat dilihat pada Tabel 2.

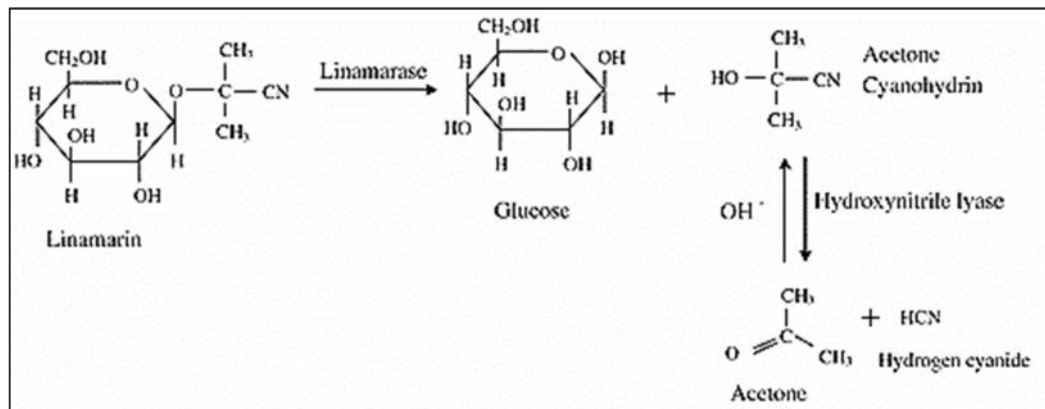
Tabel 2. Data karakteristik kimia beberapa varietas ubi kayu

Kadar Komponen	Varietas Ubi Kayu		
	Darul Hidayah	Adira 4	Malang 4
Air	60.88 ± 0.06	74.48 ± 0.20	66.78 ± 0.07
Abu	2.13 ± 0.02	0.87 ± 0.16	0.83 ± 0.09
Protein	3.22 ± 0.05	0.53 ± 0.04	0.56 ± 0.12
Lemak	1.21 ± 0.08	0.185 ± 0.10	0.13 ± 0.04
Karbohidrat	33.69 ± 0.25	24.08 ± 0.20	31.95 ± 0.05
Pati	24.49 ± 0.08	19.13 ± 0.27	22.7 ± 0.28
Serat Kasar	2.44 ± 0.10	1.18 ± 0.17	1.39 ± 0.07
HCN bebas (mg/kg)	39.56 ± 0.18	63.46 ± 0.30	116.37 ± 0.12

Sumber : Ariani *et al.* (2017)

Secara umum, perbedaan kandungan dapat disebabkan oleh perbedaan varietas, umur panen, dan faktor lingkungan, seperti faktor tanam (Ndabikunze *et al.*, 2011; Shi dan He, 2012; Aldana dan Quintero, 2013; Oladayo *et al.*, 2016). Ubi kayu segar mengandung enzim linamarase yang menghidrolisa linamarin menjadi glukosa dan aseton sianohidrin, selanjutnya oleh enzim hidrosinitril liase, aseton sianohidrin terhidrolisis membebaskan HCN dan aseton (Kurniawan, 2010). Tinggi rendahnya asam sianida tergantung pada varietas tanaman, genetik

tanaman dan kesuburan tanah (Yuningsih, 2009; Assanovo *et al.*, 2017; Nduwumuremyi *et al.*, 2017). Mekanisme pembentukan hidrogen sianida dari linamarin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi pembentukan hidrogen sianida  
Sumber: Idibie *et al.* (2007)

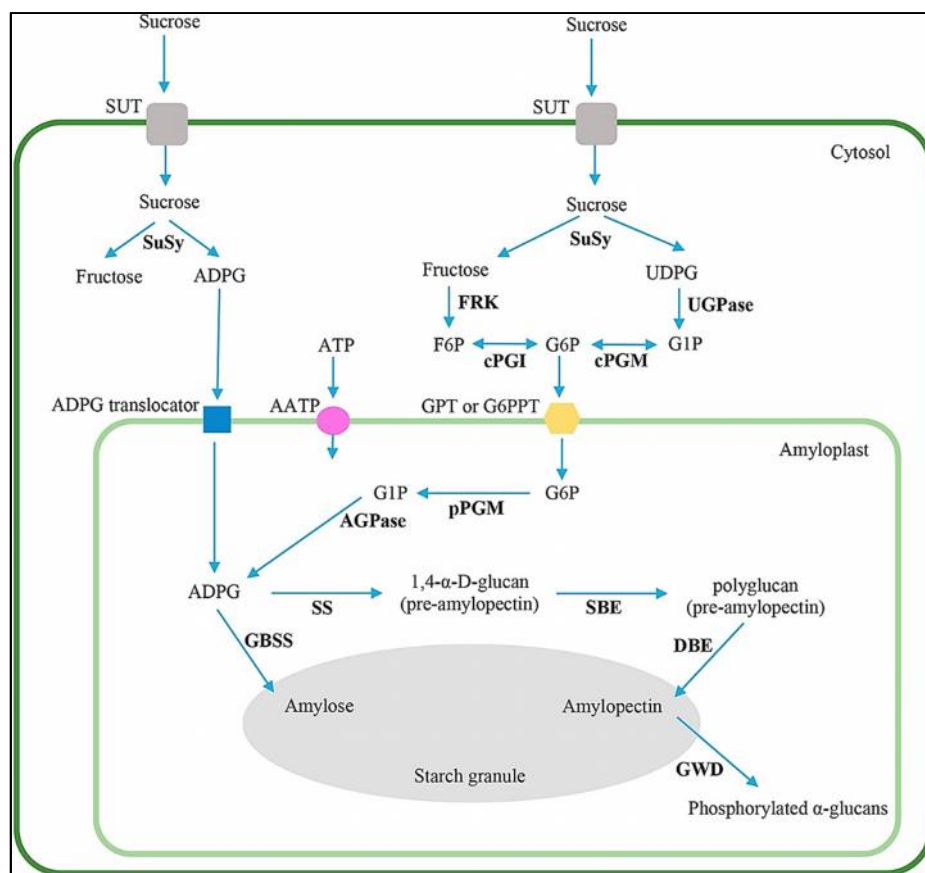
#### 2.4. Pati Ubi Kayu

Pati merupakan komponen karbohidrat utama di dalam ubi kayu yang mencapai 64 sampai 72 % dari total karbohidrat (Wijayanti dan Kumalasari, 2011). Pati adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan - glikosidik yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Pati disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuh-tumbuhan, antara lain di dalam biji buah (padi, jagung, gandum), di dalam umbi (ubi kayu, ubi jalar, talas), dan pada batang (aren dan sagu).

Salah satu enzim pemecah pati adalah enzim  $\alpha$ -amilase. Pati dapat dipecah oleh enzim amilase menjadi komponen dengan berat molekul lebih rendah dan lebih larut. Enzim tersebut memecah ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida dari molekul pati (Fardiaz, 1988). Amilase terdiri atas tiga jenis yaitu  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, dan glukoamilase. Enzim  $\alpha$ -amilase bekerja dengan memutus ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik pada rantai lurus amilum sehingga menghasilkan glukosa dalam konfigurasi  $\alpha$ , maltosa, dan dekstrin. Enzim  $\beta$ -amilase bekerja dengan memecah ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik dan tidak mampu melewati ikatan percabangan  $\alpha$ -1,6-glikosidik sehingga menghasilkan maltosa dalam konfigurasi  $\beta$ . Enzim glukoamilase bekerja dengan menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4 dan  $\alpha$ -1,6 glikosidik dari gugus non pereduksi sehingga menghasilkan D-glukosa (Moo Yong, 1985). Aktivitas atau kinerja enzim amilase dipengaruhi oleh lima faktor utama antara lain pH, temperatur, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, dan zat-zat penghambat (Sukandar *et al.*, 2009).

Mekanisme biosintesis pati pada ubi kayu terjadi di kloroplas atau amiloplas. Pembentukan pati terjadi melalui glukosa-1-fosfat di kloroplas dan plastid dengan ATP melalui bantuan enzim AGPase (EC:2.7.7.27) akan terbentuk ADP-Glukosa dengan pyrophosphate. Kemudian ADP-Glukosa disintesis menjadi ADP dengan bantuan enzim starch syntases (EC: 2.4.1.21 dan EC:2.4.1.242). Pada awal pertumbuhan sintesis amilopektin akan lebih tinggi dibandingkan dengan amilosa, namun selama penuaan ubi kayu kedua polimer baik amilosa dan amilopektin disintesis secara simultan. Molekul amilopektin disintesis dari ADP dengan

menggunakan enzim 63 kompleks berupa starch-branching enzyme (EC: 2.4.1.18), sedangkan molekul amilosa disintesis oleh GBSS (Granule-Bound Starch Synthase) yang terdapat pada molekul amilopektin dengan bantuan enzim de-branching enzymes (EC: 3.2.1.68 ) (Mitsui *et al.*, 2010). Mekanisme skematis biosintesis pati dalam akar penyimpanan ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme skematis biosintesis pati dalam akar penyimpanan ubi kayu

Sumber : Tappiban, *et al.* (2018)

Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama, yaitu amilosa, amilopektin, dan bahan antara seperti lipid dan protein. Umumnya pati mengandung 15-30% amilosa, 70-85% amilopektin dan 5-10% bahan antara.



Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa memberikan warna ungu pekat pada tes iodine sedangkan amilopektin tidak bereaksi (Nurfida, 2010). Kandungan antara amilosa dan amilopektin beberapa varietas ubi kayu disajikan pada Tabel 3.

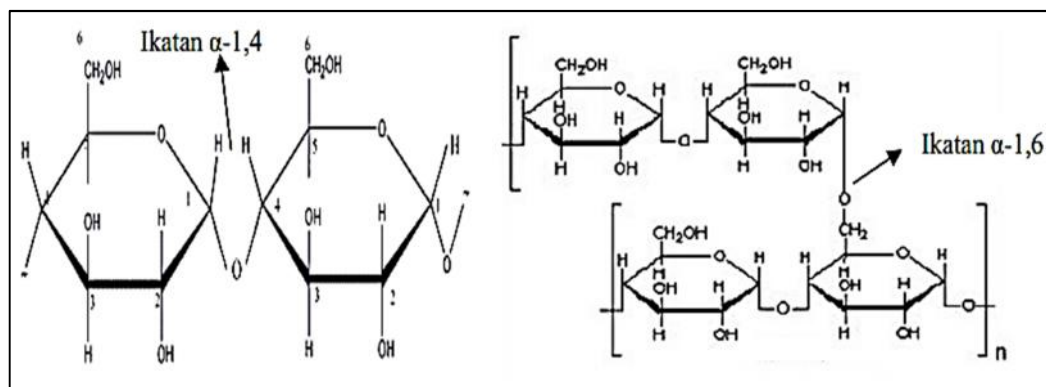
Tabel 3. Kandungan amilosa dan amilopektin pati beberapa varietas ubi kayu

Komponen	Varietas Ubi Kayu			
	Adira 1	Adira 4	Valenca	Munggu
Kadar Amilosa (% bk)	27,67	26,04	28,78	28,35
Kadar Amilopektin (% bk)	61,11	63,04	60,37	58,56

Sumber: Pangestuti (2010)

Amilosa adalah bagian polimer linier dengan ikatan  $\alpha(1,4)$  unit glukosa yang memiliki derajat polimerisasi setiap molekulnya yaitu 102-104 unit glukosa, sedangkan amilopektin merupakan polimer  $\alpha(1,4)$  unit glukosa yang memiliki percabangan  $\alpha(1,6)$  unit glukosa dengan derajat polimerisasi yang lebih besar yaitu 104-105 unit glukosa. Percabangan amilopektin terdiri dari  $\alpha$ -D-glukosa dengan derajat polimerisasi sekitar 20-25 unit glukosa (Kusnandar, 2010).

Struktur kimia dari amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)

(b)

Gambar 3. Struktur kimia (a) amilosa dan (b) amilopektin  
Sumber : Aiyer (2005)

Pati memiliki rasio amilosa dan amilopektin yang beragam dengan masing-masing secara umum adalah 20 persen dan 80 persen dari jumlah pati total. Perbedaan amilosa dan amilopektin secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbedaan amilosa dan amilopektin

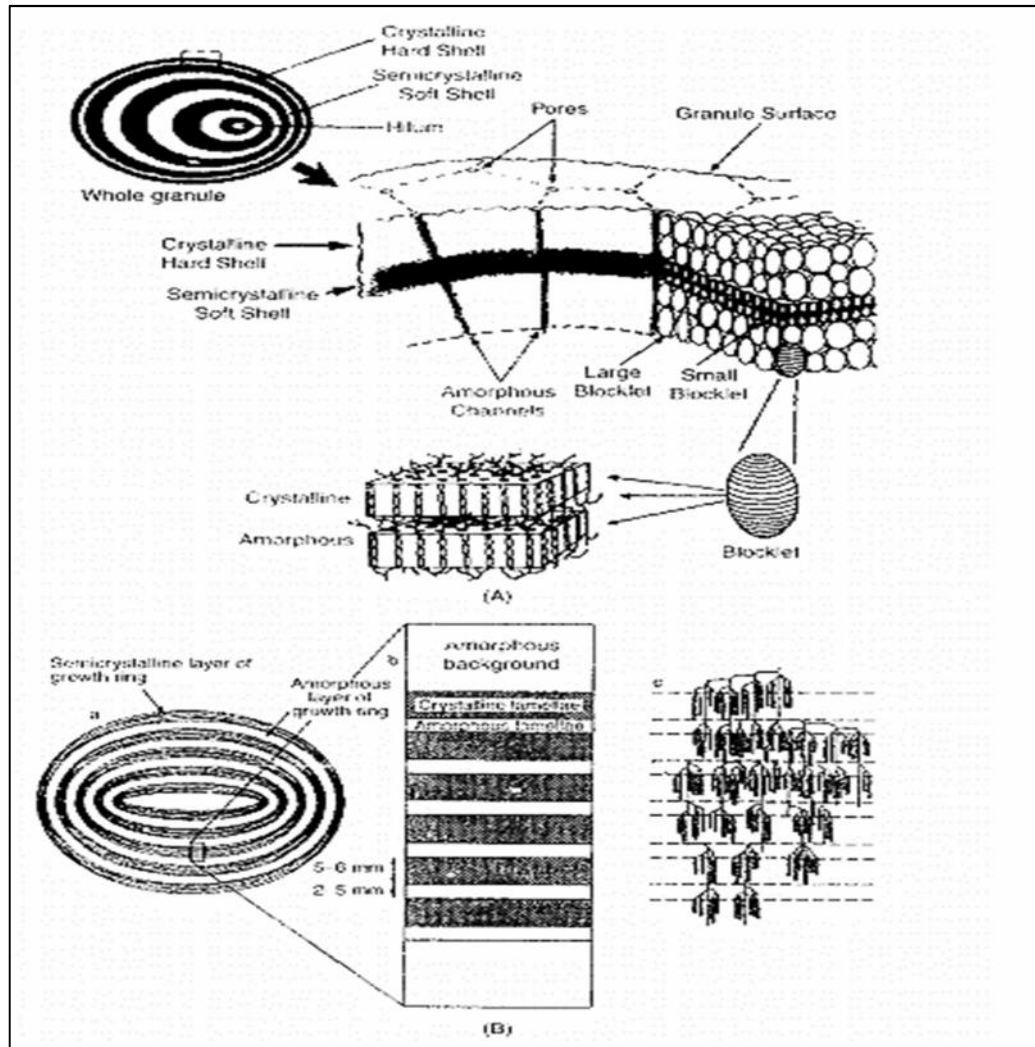
Sifat - sifat	Amilosa	Amilopektin
Struktur	Linier	Bercabang
Kestabilan dalam larutan	Teretrogradasi	Stabil
Rheologi	Bertanggung jawab atas terbentuknya gel	Bertanggung jawab terhadap kekentalan
Derajat Polimerisasi	500-6000	$10^5 - 3 \times 10^6$
Pembentukan kompleks iodin	Biru	Merah
Hidrolisis -amilase	87%	54%

Sumber : Aiyer (2005)

Pati terdiri dari bagian yang bersifat kristalin dan bagian amorf, yang letaknya berselang seling membentuk cincin berlapis mengelilingi hilum. Bagian kristalin

berisi ikatan pendek dari amilopektin yang berklaster-klaster. Bagian amorf berisi percabangan amilopektin dan amilosa (Liu, 2005). Menurut Amin (2013), amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana sehingga dapat membentuk interaksi molekular yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa. Pembentukan ikatan hidrogen ini lebih mudah terjadi pada amilosa daripada amilopektin.

Pati terdiri dari butiran-butiran kecil yang disebut granula. Pada umumnya granula pati tidak terdapat dalam keadaan murni karena adanya bahan antara misalnya protein dan lemak. Granula pati memiliki hilum sebagai inti. Hilum granula pati ada yang berada ditengah dan ada yang cenderung berada di tepi granula, tergantung asal pati tersebut. Liu (2005) menggambarkan model struktur pati seperti pada Gambar 4.



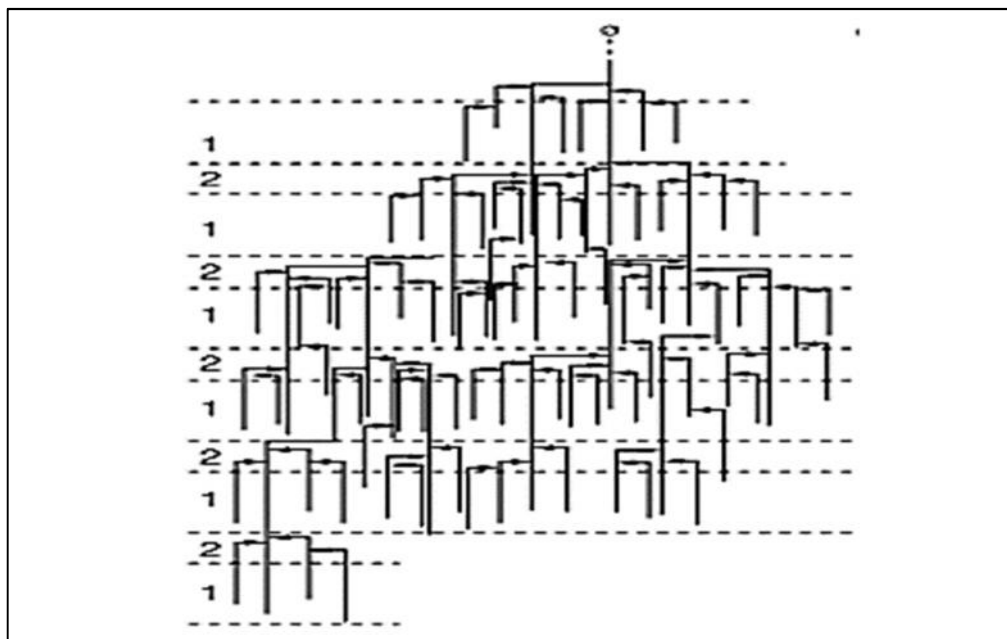
Gambar 4. Model struktur granula pati  
Sumber : Liu (2005)

Pada struktur granula pati, posisi amilosa dan amilopektin berada dalam suatu cincin-cincin dengan jumlah cincin sekitar 16 buah dalam suatu granula pati.

Cincin-cincin dalam suatu granula pati tersebut terdiri atas lapisan-lapisan yaitu cincin lapisan amorf dan cincin lapisan semikristal (Hustiany, 2006).

Amilopektin juga dapat membentuk kristal, tetapi tidak sereaktif amilosa. Hal ini terjadi karena adanya rantai percabangan yang menghalangi terbentuknya kristal.

Model molekul amilopektin pada daerah kristalin dan amorf dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur amilopektin pada daerah kristalin (1) dan amorf (2)  
Sumber : Liu (2005)

Granula pati mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda tergantung dari sumbernya. Menurut Moorthy (2004), ukuran granula tapioka menunjukkan variasi yang besar yaitu sekitar 5-40  $\mu\text{m}$  dengan bentuk bulat dan oval. Variasi tersebut dipengaruhi oleh varietas tanaman ubi kayu dan periode pertumbuhan pada musim yang berbeda. Menurut Satin (2007) bahwa sebaran dan ukuran granula pati sangat menentukan karakterisasi fisik pati serta aplikasinya dalam produk pangan. Ukuran granula adalah salah satu faktor yang menentukan suhu gelatinisasi. Ukuran granula pati juga berpengaruh terhadap mutu pati yang dihasilkan dalam skala industri. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi.

Granula pati dapat menyerap air dan membengkak. Meyer (1982) menyatakan bahwa pengembangan granula pati dalam air dingin dapat mencapai 25-30% dari

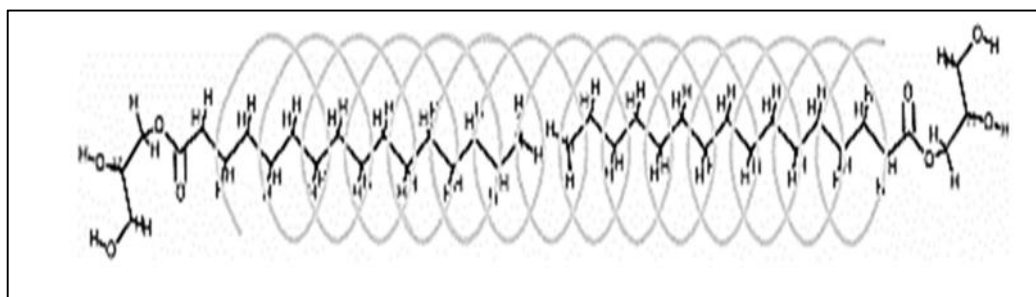
berat semula. Pada keadaan tersebut granula pati tidak larut dalam air dingin tapi berbentuk suspensi. Winarno (1991) menambahkan bahwa kemampuan pati menyerap air disebabkan oleh adanya gugus hidroksil pada molekul pati.

Pemanasan suspensi pati dalam air mengakibatkan suspensi menjadi keruh dan bila gaya tarik-menarik antara molekul air lebih kuat daripada antar molekul pati, air akan terserap dan granula pati membengkak. Masuknya air ke dalam granula meningkatkan viskositas suspensi pati. Peningkatan volume granula pada selang suhu 55°C sampai 65°C masih memungkinkan granula pati kembali pada kondisi semula. Apabila terjadi pembengkakan yang luar biasa, dan granula pati tidak dapat kembali pada keadaan semula, maka perubahan ini disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi dan besarnya berbeda tergantung pada jenis pati dan konsentrasinya (Winarno, 1991).

Lemak mampu membuat kompleks dengan amilosa sehingga amilosa tidak dapat keluar dari granula pati. Akibatnya diperlukan energi yang lebih besar untuk melepaskan amilosa sehingga suhu awal gelatinisasi yang dicapai akan lebih tinggi. Selain itu pula, pada proses gelatinisasi, lemak akan diserap oleh permukaan granula sehingga terbentuk lapisan lemak yang bersifat hidrofobik di sekitar granula. Lapisan lemak tersebut akan menghambat pengikatan air oleh granula pati. Hal ini yang menyebabkan kelekatan dan kekentalan pati berkurang akibat jumlah air berkurang untuk terjadinya pengembangan granula pati (Collinson, 1968). Pembentukan kompleks amilosa-lemak tergantung dari ratio amilosa dan amilopektin dalam granula pati. Pembentukan kompleks ini terjadi selama proses gelatinisasi (Wasserman *et al.*, 2002). Kemampuan amilosa dan

lipid untuk melakukan ikatan kompleks tergantung pada bentuk lipid. Bentuk monoasil mempunyai daya ikatan lebih besar dibandingkan dengan bentuk tri- atau diasil (Siswoyo, 2004).

Selain itu pula, kompleksitas pati dengan lemak akan mengurangi kelarutan pati di air, merubah profil gelatinisasi, menurunkan swelling power, meningkatkan suhu gelatinisasi, dan mengurangi rigiditas gel, memperlambat retrogradasi, mengurangi hidrolisis pati oleh enzim (Copeland *et al.*, 2009) dan berpengaruh terhadap viskositas (Wasserman *et al.*, 2002), sedangkan protein dapat menyelimuti granula pati (membentuk kompleks dengan amilosa) sehingga dapat menghambat pengembangan dan pati menjadi sukar tergelatinisasi (Kilara, 2006). Kompleks yang dibentuk antara amilosa dengan molekul lipid dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kompleks Amilosa dengan Dua Molekul Monopalmitan  
Sumber : Copeland *et al.* (2009)

Pati memegang peranan penting dalam industri pengolahan pangan maupun non pangan. Proses ekstraksi yang relatif mudah, sifat patinya yang unik dengan warna dan flavor netral menyebabkan pati ubi kayu (tapioka) banyak

dimanfaatkan sebagai ingredien maupun aditif di industri pangan. Komposisi kimia tepung tapioka per 100 gram bahan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Kimia Tepung Tapioka per 100 gram Bahan

Komponen	Jumlah
Kalori (kal)	358
Protein (g)	0,19
Lemak (g)	0,02
Karbohidrat (g)	88,69
Kalsium (mg)	20
Fosfor (mg)	7
Besi (mg)	1,58
Vitamin A (IU)	0
Vitamin C (mg)	0,0
Air (g)	10,92

Sumber : USDA (2014)

Pati ubi kayu (tapioka) direkomendasikan untuk memperbaiki ekspansi produk ekstrusi, pengental pada produk yang kondisi prosesnya tidak ekstrim, bahan pengisi dalam produk makanan bayi olahan dan bahan pengikat pada produk-produk biskuit dan konfeksioneri (Tonukari, 2004). Dalam industri pengolahan non pangan, pati dipakai sebagai campuran kertas dan tekstil, serta pada industri kosmetika. Sifat pati berbeda-beda, tergantung dari panjang rantai karbonnya, serta bentuk yang lurus atau bercabang. Syarat mutu tapioka disajikan pada Tabel 6.



Tabel 6. Syarat mutu tapioka

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bentuk	-	serbuk halus
1.2	Bau	-	Normal
1.3	Warna	-	putih, khas tapioka
2	Kadar air (b/b)	%	maks. 14
3	Abu (b/b)	%	maks. 0,5
4	Serat kasar (b/b)	%	maks. 0,4
5	Kadar pati (b/b)	%	min. 75
6	Derajat putih (MgO = 100)	-	min. 91
7	Derajat asam	mL NaOH 1 N/100 g	maks. 4
8	Cemaran logam		
8.1	Kadmium (Cd)	Mg/kg	maks. 0,2
8.2	Timbal (Pb)	Mg/kg	maks. 0,25
8.3	Timah (Sn)	Mg/kg	maks. 40
8.4	Merkuri (Hg)	Mg/kg	maks. 0,05
9	Cemaran arsen (As)	Mg/kg	maks. 0,5
10	Cemaran mikroba		
10.1	Angka lempeng total (35 , 48 jam)	koloni/g	maks. $1 \times 10^4$
10.2	<i>Escherichia coli</i>	APM/g	maks. 10
10.3	<i>Bacillus cereus</i>	koloni/g	$< 1 \times 10^4$
10.4	Kapang	koloni/g	maks. $1 \times 10^4$

Sumber: SNI 3451:2011

## 2.5. Sifat Fisikokimia Pati

Perilaku komponen pati selama persiapan, pengolahan, penyimpanan dan konsumsi dapat dipengaruhi oleh sifat fisikokimia pati. Sifat fisikokimia pati antara lain :

### 2.5.1. Kelarutan dan *Swelling Power* (Daya Kembang)

Kelarutan pada pati terjadi disebabkan adanya ikatan non-kovalen antara molekul-molekul pati. Bila pati dimasukkan ke dalam air dingin, granula pati akan menyerap air dan membengkak. Penelitian yang dilakukan Purnamasari *et al.*

(2010) menyatakan bahwa terkait dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam granula pati dan menggantikan interaksi hidrogen antar molekul sehingga granula akan lebih mudah menyerap air dan mempunyai pengembangan yang tinggi. Adanya pengembangan tersebut akan menekan granula dari dalam sehingga granula akan pecah dan molekul pati terutama amilosa akan keluar.

Kelarutan pati semakin tinggi dengan meningkatnya suhu, serta kecepatan peningkatan kelarutan adalah khas untuk tiap pati. Semakin tinggi suhu pemanasan menyebabkan terjadinya degradasi dari pati sehingga rantai pati tereduksi dan cenderung lebih pendek akan meningkatkan sifat hidrofilik pati. Peningkatan kelarutan selalu diikuti oleh peningkatan viskositas pati. Hal ini disebabkan karena peningkatan jumlah gugus hidroksil yang menyebabkan kelarutan dalam air meningkat dan mengakibatkan air yang sebelumnya bebas bergerak diluar granula menjadi terperangkap dan tidak dapat bergerak bebas lagi (Pomeranz, 1991).

*Swelling power* (daya kembang) pada pati merupakan kenaikan volume dan berat maksimum pati selama mengalami pengembangan di dalam air. *Swelling power* yang tinggi berarti semakin tinggi pula kemampuan pati mengembang didalam air. Nilai swelling power perlu diketahui untuk memperkirakan ukuran atau volume wadah yang digunakan dalam proses produksi sehingga jika pati mengalami swelling, wadah yang digunakan masih bisa menampung pati tersebut. Semakin besar swelling power berarti semakin banyak air yang diserap selama

pemasakan, hal ini disebabkan kandungan amilosa dan amilopektin yang ada dalam tepung. Semakin tinggi kadar amilosa maka nilai pengembangan volume akan semakin tinggi (Murillo *et al.*, 2008).

Pati dengan *swelling power* tinggi memiliki daya cerna yang tinggi dan menunjukkan kemampuan pati untuk memperbaiki sifat-sifat makanan dan penggunaan pati dalam berbagai aplikasi makanan. Pati yang memiliki *swelling power* tinggi akan baik digunakan untuk produk bakery yang membutuhkan pengembangan besar, sedangkan pati dengan *swelling power* rendah cocok digunakan sebagai bahan baku produk yang tidak membutuhkan pengembangan terlalu besar, contohnya mie (Kusumayanti *et al.*, 2015).

### **2.5.2. Gelatinisasi Pati**

Gelatinisasi merupakan peristiwa hilangnya sifat *birefringence* granula pati akibat penambahan air secara berlebihan dan pemanasan pada waktu dan suhu tertentu sehingga granula membengkak luar biasa dan pecah sehingga tidak dapat kembali pada kondisi semula (*irreversible*). Kandungan beberapa jenis pati memiliki suhu gelatinisasi yang berbeda-beda seperti pada tapioka 52-64 °C, kentang 58-66 °C, gandum 54,5-64 °C, beras 68-78 °C dan jagung 62-70 °C (Winarno, 2002). Proses gelatinisasi dipengaruhi beberapa faktor yaitu air, sumber pati, pH, konsentrasi pati, ukuran granula, presentasi amilosa, lemak, protein, enzim dan proses pengadukan. Akibat dari terjadinya gelatinisasi pati menyebabkan kehilangan sifat *birefringence* dan terjadinya pelarutan pati dan perubahan viskositas (Kusnandar, 2010).

Saat dipanaskan maka granula pati akan mengalami pengembangan dan bersifat tidak kembali ke bentuk semula yang disebut dengan gelatinisasi. Proses gelatinisasi ini terjadi akibat hilangnya sifat polarisasi cahaya pada hilum yang akan tercapai pada titik suhu tertentu. Ikatan granula yang bervariasi pada pati merupakan faktor yang menentukan besarnya suhu untuk mencapai gelatinisasi. Proses gelatinisasi pati mula-mula mengalami hidrasi dan *swelling* (pengembangan), kemudian berangsur-angsur kehilangan sifat *birefringence* sehingga terjadi peningkatan kejernihan pada pati.

Suhu gelatinisasi diawali dengan pembengkakan granula pati dalam air panas dan diakhiri ketika pati telah kehilangan sifat kristalnya. Selanjutnya pati akan mengalami peningkatan konsistensi dan pencapaian viskositas puncak (Taggart 2004). Proses gelatinisasi melibatkan peristiwa-peristiwa sebagai berikut: (1) hidrasi dan *swelling* (pengembangan) granula; (2) hilangnya sifat *birefringence*; (3) peningkatan kejernihan; (4) peningkatan konsistensi dan pencapaian viskositas puncak; dan (5) pemutusan molekul-molekul linier dan penyebarannya dari granula yang telah pecah (Kusnandar, 2010).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di perkebunan ubi kayu di Kecamatan Palas, Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri dan Laboratorium Pengolahan Bahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung serta Laboratorium Proteksi Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 - Maret 2019.

#### **3.2. Bahan dan Alat**

##### **3.2.1. Bahan**

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah tiga ubi kayu jenis manis yaitu Manalagi, Mentega dan Krembi dengan umur panen 7-8 bulan dan 8-9 bulan sejak pemanenan. Ubi kayu tersebut didapatkan dari Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan. Bahan lain yang dibutuhkan dalam pembuatan pati ubi kayu adalah air suling, sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah etanol 95%, larutan NaOH 1 M, larutan iod 0,01 N, aquades, dan asam asetat 1 N.

### 3.2.2. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah timbangan, mikroskop Leica DM500, spatula, pisau *stainless steel*, baskom, ayakan 80 mesh, tabung reaksi, rak tabung reaksi, panci, cawan petri, pipet tetes, pipet volumetrik, gelas *beaker*, *slicer*, talenan, kompor, *refrigerator*, *hot plate*, loyang, termometer, cawan porselen, tabung sentrifuse PLC series, neraca analitik, spektrofotometer UV- Vis DR/4000U, vorteks, desikator, labu takar 100 ml, gelas ukur 10 dan 50 ml, Erlenmeyer, oven, sentrifus, *waterbath*, dan *shaker waterbath*.

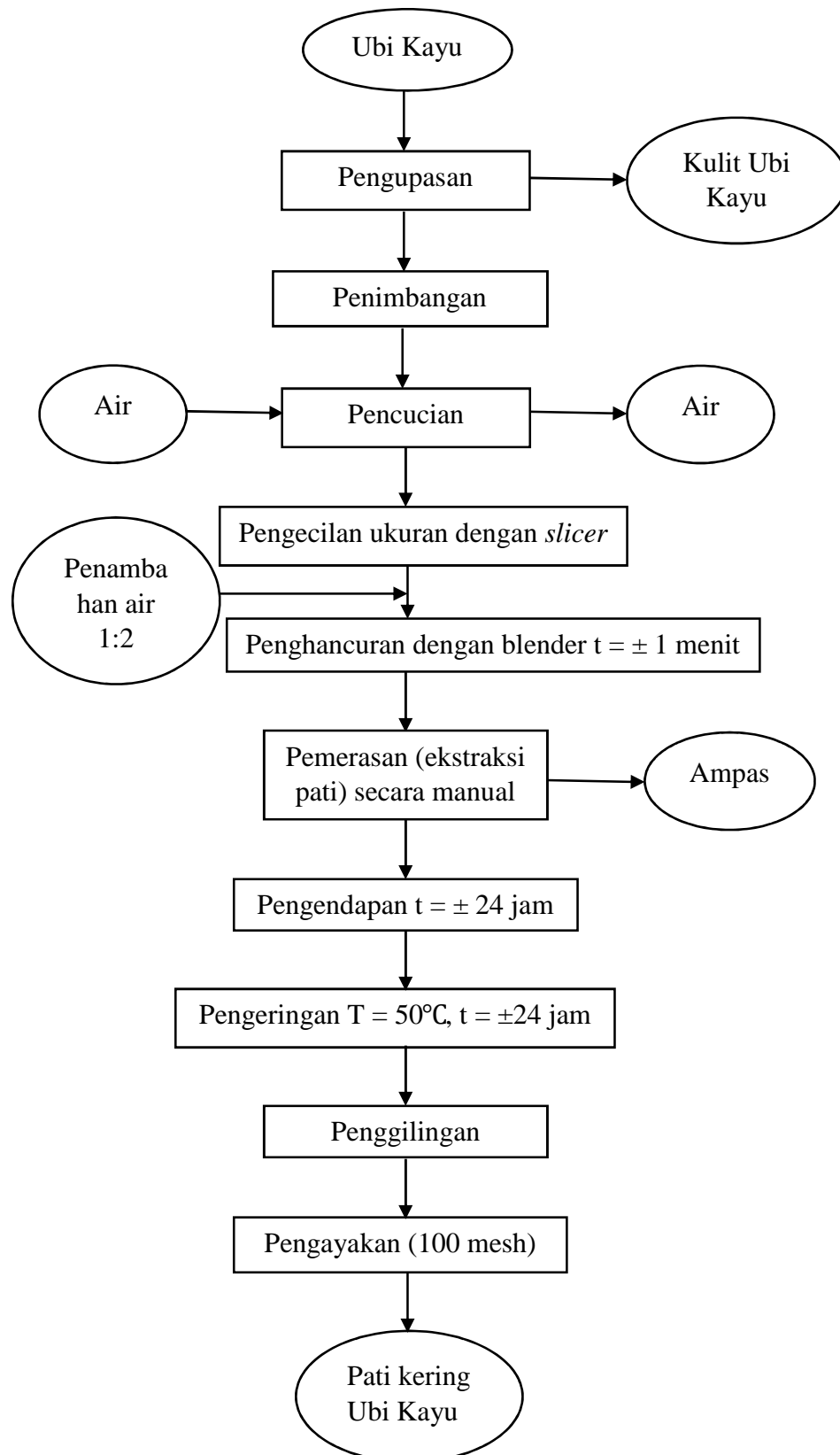
### 3.3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor dan empat kali ulangan. Faktor pertama adalah varietas ubi kayu dengan 3 jenis yaitu Manalagi (V1), Mentega (V2), dan Krembi (V3). Faktor kedua adalah umur panen (U) dengan dua taraf yaitu 7-8 bulan (U1) dan 8-9 bulan (U2). Data yang diperoleh diuji kesamaan ragamnya dengan uji *Bartlett* dan kementerian model diuji dengan uji *Tuckey*. Analisis ragam digunakan untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Seluruh data diolah lebih lanjut dengan uji Beda Jarak Nyata *Duncan* pada taraf 5%.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan pembuatan pati ubi kayu melalui ekstraksi pati. Tahap awal yaitu ubi kayu dikupas dan dipisahkan dari semua

kulit. Setelah itu, ubi kayu ditimbang dan dibersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada ubi kayu. Selanjutnya, ubi kayu dipotong menjadi beberapa bagian potongan kecil untuk mempermudah proses pengirisan (*slicing*). Setelah proses pengirisan, ditambahkan air sebanyak 1:2 dan diblender hingga menjadi adonan bubur. Penghancuran dengan blender bertujuan untuk merusak jaringan ubi dan sel-sel ubi agar sari pati dari ubi kayu mudah terekstrak. Setelah itu bubur pati ubi kayu tersebut diperas (ekstraksi pati) secara manual menggunakan kain saring 2 lapis. Proses ini dilakukan untuk memperbanyak jumlah sel-sel pati yang keluar dari jaringan ubi kayu. Setelah dilakukan proses ekstraksi, cairan yang berisi pati didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang agar endapan pati terpisah dengan air. Setelah itu, endapan pati dipisahkan dan diletakkan diatas loyang. Kemudian dilakukan pengeringan pati pada suhu 50 °C selama ± 24 jam atau sampai kering dan kemudian pati kering tersebut dapat dilakukan pengujian. Diagram alir dari ekstraksi pati ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Pembuatan Pati Ubi Kayu  
 Sumber : Hadi, 2017 (yang telah dimodifikasi)



### 3.5. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi kadar air, kadar amilosa, *Water Holding Capacity* (WHC), pembengkakan granula (*swelling power*) dan kelarutan, konsentrasi terbentuknya gel, nilai penampakan granula, dan uji sensori (warna dan aroma).

#### 3.5.1. Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri (AOAC No. 925.10, 2005). Prinsipnya yaitu cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 30 menit, lalu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang (W1). Sampel 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah diketahui beratnya dan dikeringkan (W2) di dalam oven pada suhu 100°C selama 3-5 jam. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang (W3). Perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan. Bila penimbangan kedua mencapai pengurangan bobot tidak lebih dari 0,002 g dari penimbangan pertama maka dianggap konstan. Perhitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

- A : berat cawan kosong (g)
- B : berat cawan + sampel awal (g)
- C : berat cawan + sampel kering (g)

### 3.5.2. Kadar Amilosa

Pengukuran kadar amilosa dilakukan berdasarkan metode Aliawati (2003), dilakukan secara iodometri berdasarkan reaksi antara amilosa dengan senyawa iod yang menghasilkan warna biru. Pembuatan kurva standar amilosa dengan menggunakan amilosa murni sebanyak 40 mg yang dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan dengan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1M. Campuran tersebut dipanaskan dalam air mendidih (95°C) selama 10 menit hingga terbentuk gel dan selanjutnya seluruh gel dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL. Gel ditambahkan dengan aquades dan dikocok, kemudian ditepatkan hingga 100 mL menggunakan aquades. Larutan tersebut diambil dengan pipet masing-masing sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 mL lalu dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan diasamkan dengan asam asetat 1 N sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 mL. Masing-masing labu takar tersebut ditambahkan 2 mL larutan Iod dan aquades sampai tanda tera. Larutan dihomogenkan dengan menggunakan tangan dan dibiarkan selama 20 menit, kemudian diukur serapannya dengan spektrofotometer UV- Vis pada panjang gelombang 620 nm, dibuat kurva hubungan antara kadar amilosa dengan serapannya. Cara Pembuatan Standar Amilosa disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Cara Pembuatan Standar Amilosa

Larutan (mL)	Konsentrasi (ppm)	Adsorben	Adsorben 1 ppm
1	4	A	A/4
2	8	B	B/8
3	12	C	C/12
4	16	D	D/16
5	20	E	E/20

$$\text{Abs rata-rata 1 ppm} = \frac{\frac{a}{4} + \frac{b}{8} + \frac{c}{12} + \frac{d}{16} + \frac{e}{20}}{5}$$

Selanjutnya dilakukan pengukuran kadar amilosa sampel. Pati ubi kayu sebanyak 100 mg ditempatkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan dengan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1N. Campuran tersebut dipanaskan dalam air mendidih (95°C) selama 10 menit hingga terbentuk gel dan selanjutnya seluruh gel dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL. Gel ditambahkan dengan air dan dikocok, kemudian ditepatkan hingga 100 mL dengan air. Sebanyak 5 mL larutan sampel dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan 1 mL asam asetat 1 N, 2 mL larutan iod 0,01 N (berangsur-angsur) serta aquades sampai tanda tera dan dikocok. Selanjutnya panaskan dengan penangas air pada suhu 30°C selama 20 menit, lalu diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 620 nm. Serapan yang diperoleh diplotkan pada kurva standar untuk memperoleh konsentrasi amilosa sampel.

$$\text{Kadar Amilosa (\%)} = \frac{A_{620} \times f_k \times 100 \times 100 \%}{100 - \text{KA sampel}}$$

$$\text{Dimana } f_k = \frac{1}{\text{abs 1 ppm}} \times \frac{1000 \times 20}{1000000}$$

Keterangan:

A 620 = Absorbansi  
 Fk = faktor koreksi  
 20 dan 1000 = faktor pengencer  
 Ka = kadar air

### 3.5.3. Penentuan Nilai *Water Holding Capacity* (WHC)

Penentuan nilai WHC mengacu pada metode Subagio (2006). Sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan kedalam tabung sentrifius, kemudian ditambahkan aquades sebanyak 5 mL (A) dan dilakukan pengocokan menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi tersebut disentrifius dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Supernatan tersebut kemudian ditimbang (B). Perhitungan nilai *water holding capacity* (WHC) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai WHC} = \frac{\text{air yang terserap (g)}(A - B)}{\text{berat sampel kering (g)}}$$

### 3.5.4. Pembengkakan Granula (*Swelling Power*) dan Kelarutan

Pengujian terhadap daya pembengkakan (*swelling power*) dan kelarutan (*Solubility*) dilakukan berdasarkan metode yang telah dikembangkan oleh Torruco-Uco dan Betancur-Ancona (2007) dengan sedikit modifikasi pada jumlah sampel yang dilarutkan dalam air. Suspensi pati (1% b/v) sebanyak 10 mL dimasukkan kedalam 15 mL tabung sentrifuse yang telah diketahui berat kosongnya. Kemudian tabung beserta isinya dipanaskan pada suhu 60 °C, 70 °C dan 80 °C dalam *shaker waterbath* masing-masing selama 30 menit. Suspensi kemudian disentrifuse pada 3000 rpm selama 15 menit, supernatan dipisahkan dari granula yang membengkak (endapan). Granula yang membengkak ditimbang (B). Selanjutnya supernatan dipipet sebanyak 5 mL dituangkan kedalam cawan

petri untuk dikeringkan dalam oven konvensional pada suhu 105°C selama 4 jam sampai berat konstan (A). Persentasi *swelling power* dan kelarutan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\text{Berat kering supernatan pada suhu } 105^{\circ}\text{C (A)}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$$

$$\text{Swelling Power (\%)} = \frac{\text{Berat granula yang membengkak (B)}}{\text{Berat sampel (100\% - \%kelarutan)}} \times 100\%$$

### 3.5.5. Konsentrasi terbentuknya gel

Pengujian konsentrasi terbentuknya gel pati dilakukan dengan cara pembuatan suspensi pati dengan konsentrasi 2%-20% dalam 10 mL aquades. Pati ditimbang sebanyak 0,2 g sampai 2 g kemudian pati dilarutkan dalam 10 mL aquades yang dibuat didalam tabung reaksi, kemudian tabung reaksi tersebut dipanaskan selama 1 jam dalam waterbath mendidih dan didinginkan dibawah air dingin atau es. Tahap selanjutnya tabung reaksi tersebut dimasukkan dalam kulkas selama 2 jam dan tabung reaksi yang berisi gel dibalik untuk mengetahui gel tersebut jatuh atau tidak (Adeleke dan Odedeji, 2010).

Hasil dari pengujian terbentuknya gel terpilih dari konsentrasi 2%-20% kemudian dilakukan pengujian lanjutan yaitu dilakukan pencetakan. Pencetakan dilakukan dengan cara membuat suspensi 10% pati ubi kayu dengan 50 mL air. Penggunaan konsentrasi 10% didapatkan dari konsentrasi terpilih pada pengujian awal.

Suspensi pati tersebut dipanaskan sampai mendidih kemudian dicetak dalam cup plastik. Setelah dilakukan pencetakan didiamkan sampai dingin kemudian disimpan dalam kulkas dengan suhu  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  selama 1 hari, lalu diamati secara visual terbentuk atau tidak terbentuknya gel.

### **3.5.6. Penampakan Granula**

Bentuk dan intensitas *birefringence* granula pati diamati dengan mikroskop Leica DM500 yang dilengkapi dengan kamera. Suspensi pati disiapkan dengan mencampurkan pati dan aquades. Suspensi diteteskan diatas gelas objek dan ditutup dengan gelas penutup, preparat kemudian dipasang pada PLM. Pengamatan dilakukan dengan meneruskan cahaya terpolarisasi dengan perbesaran 400x. Leica DM500 juga dapat mengamati ukuran diameter granula pati. Mikroskop ini dilengkapi dengan semacam alat pengukur pada lensa okulernya, dimana satu skala terkecil bernilai 10  $\mu\text{m}$ .

### **3.5.7. Uji Sensori**

Penilaian sensori yang dilakukan meliputi warna dan aroma pati ubi kayu menggunakan uji skoring. Uji sensori dilakukan oleh 20 panelis semi terlatih. Penilaian dilakukan melalui pengisian kuesioner. Contoh lembar kuesioner yang digunakan akan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Contoh kuesioner yang digunakan

Sampel : Pati Ubi Kayu

Nama :

Tanggal :

Dihadapan anda disajikan 6 sampel Pati Ubi Kayu yang telah diberi kode 3 angka acak. Berikan penilaian anda terhadap warna dan aroma pada produk dengan memberikan skor dari 1-5 sesuai dengan penilaian anda.

Parameter	Kode Sampel					
	512	227	136	749	358	461
Warna						
Aroma						

Keterangan :

<b>Warna</b>	<b>Aroma</b>
5 = Sangat putih	5 = Ubi kayu
3 = Putih kekuningan	3 = Netral
1 = Putih kecoklatan	1 = Asam

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan disimpulkan sebagai berikut:

1. Perbedaan varietas ubi kayu (Manalagi, Mentega, Krembi) yang digunakan berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa, nilai *swelling power* dan kelarutan, serta pengujian sensori aroma pati ubi kayu.
2. Perbedaan umur panen ubi kayu (7-8 bulan dan 8-9 bulan) yang digunakan berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar amilosa, nilai WHC, nilai *swelling power* dan kelarutan, skor konsentrasi terbentuknya gel serta pengujian sensori aroma pati ubi kayu.
3. Perbedaan varietas dan umur panen ubi kayu menunjukkan adanya interaksi terhadap kadar amilosa serta nilai *swelling power* dan kelarutan pati ubi kayu.

### 5.2. Saran

Perlu dianalisis lebih lanjut dengan varietas ubi kayu jenis manis lain dan pengujian sifat fisikokimia menggunakan alat yang lebih canggih seperti XRD, DSC dan SEM/EDX. Selain itu perlu dianalisis pengembangan produk dari bahan baku pati ubi kayu jenis manis sebagai diversifikasi pangan sehingga dihasilkan



suatu rekomendasi untuk pemanfaatan pati ubi kayu secara tepat. Ubi kayu yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan kadar amilosa yang cukup rendah sehingga dapat diaplikasikan pada produk yang menggunakan metode penggorengan karena dapat menghasilkan tekstur yang renyah dengan bentuk yang mengembang. Ubi kayu varietas Manalagi dengan umur panen 7-8 bulan dapat diaplikasikan untuk produk kerupuk, sedangkan umur panen 8-9 bulan dapat diaplikasikan pada produk kue talam. Varietas Mentega dengan umur panen 7-8 bulan cocok untuk diaplikasikan pada produk pacar cina (mutiara sagu), sedangkan umur panen 8-9 bulan cocok untuk substitusi bahan kue seperti kue moci. Varietas Krembi umur panen 7-8 bulan cocok untuk pembuatan opak dan substitusi bahan kue seperti kue lapis, sedangkan umur panen 8-9 bulan dapat diaplikasikan pada produk kerupuk, pempek dan juga tekwan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman E.S.A., El-Fishawy, F.A., El-Geddawy, M.A., Kurz T., and El-Rify, M.N. 2008. Isolation and physico-chemical characterization of mungbean starches. *International Journal of Food Engineering* 4(1):Art.1.
- Adeleke, R. O and Odedeji Jo. 2010. Functional properties of wheat and sweet potato flour. *Journal Departement of Food Technology*. Osun State Polytechnic, Iree, Osun State. Nigeria.
- Aini, N., Wijonarko, G., dan Sustriawan, B. 2016. Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech*. 36 (2):160-169.
- Aiyer, P.V. 2005. Amylases and their applications. *African Journal of Biotechnology*. 4(13):1525-1529.
- Alcazar-Alay, S.C. and Meireles, M.A.A. 2015. Physicochemical properties, modifications an applications of starches from different botanical sources. *Food Science Technology*. 35: 215-236. DOI:10.1590/1678-457X.6749.
- Aldana, S.A., and Quintero F.A. 2013. Physicochemical characterization of two cassava (*Manihot esculenta crantz*) starches and flours. *Scientia Agroalimentaria*. 1(2013):19-25.
- Aliawati, G. 2003. Teknik Analisis Kadar Amilosa dalam Beras. *Buletin Teknik Pertanian*. 8(2):82-84.
- Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A.L., O'Mahony, J.A. 2016. Chemistry, structure, functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*. 70:291-300.
- Amin, N.A. 2013. Pengaruh Suhu Fosforilasi terhadap Sifat Fisiko Kimia Pati Tapioka Termodifikasi.(*Skripsi*). Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan. Universitas Hasanudin. Makassar.
- Anggraeni, P.Y. dan Yuwono, S.S. 2014. Pengaruh fermentasi alami pada chips ubi jalar (*Ipomoea batatas*) terhadap sifat fisik tepung ubi jalar terfermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(2):59-69.
- Ann-Charlott Eliasson. 2004. *Starch in Food*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist Inc. New York. 1130 hlm.
- Ariani, L.N., Estiasih, T., dan Martati, E. 2017. Karakteristik sifat fisiko kimia ubi kayu berbasis kadar sianida. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 18(2):119-128.
- Ashogbon, A. O. and Akintayo, E.T. 2012. Morphological, functional and pasting properties of starches separated from rice cultivars grown in Nigeria. *International Food Research Journal*. 19(2):665-671.
- Asnawi, R. 2003. Analisis fungsi produksi usaha tani ubi kayu dan industri tepung tapioka rakyat di Provinsi Lampung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 6(2):131-140.
- Assanovo, J.B., Agbo, G.N., Coulin, P., Monsan, V., Heuberger, C., Coulibaly, S.K. and Farah, Z. 2017. Influence of microbiological and chemical quality of traditional starter made From cassava on “attiéké” produced from four cassava varieties. *Food Control*. 78:286-296.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Tanaman Pangan Kabupaten Lampung Selatan*. <http://www.bps.go.id/webbeta/frontend/site/pilihdata>. Diakses pada tanggal 20 November 2018.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Tanaman Pangan Menurut Provinsi (Dinamis)*. <http://www.bps.go.id/webbeta/frontend/site/pilihdata>. Diakses pada tanggal 20 November 2018.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2011. *Syarat Mutu Tapioka*. SNI 3451-2011. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bal itkabi. 2017. Varietas Unggul Ubi Kayu. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>. [17 September 2019]
- Ball, S.G. and Morell, M.K. 2003. From bacterial glycogen to starch: understanding the biogenesis of the plant starch granule. *Annual Review of Plant Biology*. 54: 207-233.
- Bargumono, H.M. 2013. *Tiga Puluh Tiga (33) Tanaman Toka (Tanaman Obat, Kosmetika, Aromatika Bermanfaat untuk Semua Umat)*. Leutikaprio. Yogyakarta.
- Blazek, J. and Copeland, L. 2008. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content. *Carbohydrate Polymers*. 71(3):380-387.
- Caye, M., Drapcho, N.P.N., dan Terry, H.W. 2013. *Biofuels Engineering Process Technology*. The McGraw-Hill Companies Inc. USA.

- Charles, A.L., Chang, Y.H., ko, W.C., Sriroth, K., and Huang, T.C. 2005. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(7):2717-25.
- Choi, S.G., and W.L. Kerr. 2003. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. *Carbohydrate Polymers*, 51: 1–8.
- Chung, K. M., Moon, T. W., and Chun, L. K. 2000. Influence of annealing on gel properties of mung bean starch. *Cereal Chemistry* 77: 567–571.
- Chung, H.J., Liu, Q., and Hoover, R. 2010. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International*. 43:501-508.
- Collison. 1968. Swelling gelation of starch. *Di dalam* : Radley, J.A (ed). 1968. *Starch and Its Derivatives*. Chapman and Hall Ltd. London.
- Cornelia, M., Syarief, R., Effendi, H., dan Nurtama, B. 2013. Pemanfaatan biji durian (*Durio zibenthinus* Murr.) dan pati sagu (*Metroxylon sp.*) dalam pembuatan bioplastik. *Jurnal Kimia Kemasan*. 35(1): 20-29.
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., and Tang, M.C. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids*. 23:1527-1534.
- deMan, J.M. 1989. *Kimia Makanan Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh: Kosasih Padwaminata. Penerbit ITB. Bandung. Hal 50-214.
- Eliasson, A. C. 2004. *Starch in Food : Structure, Function, and Application*. CRC Press. North America.
- Falade, K.O., Semon, M., Fadairo, O.S., Oladunjoye, A.O., and Orou, K.K. 2014. Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. *Food Hydrocolloids*. 39:41-50.
- Fardiaz, S. 1988. *Fisiologi Fermentasi*. Pusat Antar Universitas-Lembaga Sumberdaya Informasi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Febriyanti, T. 1990. Studi Karakteristik Fisik, Kimia, dan Fungsional Beberapa Varietas Tepung Singkong. *Skripsi*. IPB. Bogor.
- French, D. 1984. *Organization of Starch Granules*. Academic Press Inc. Toronto. Tokyo.
- Gardjito, M., Djuwardi, A. dan Harmayani, E. 2013. *Pangan Nusantara (Karakteristik dan Prospek untuk Percepatan Diversifikasi Pangan)*. Kencana Prenada Media Group. Jakarta.
- Ginting, E. 2002. Teknologi penanganan pascapanen dan pengolahan ubi kayu menjadi produk antara mendukung agroindustri. *Buletin Palawija*. 4:67-83.

- Ginting, E dan Noerwijati, K. 2012. *Sifat Kimia dan Sensoris Delapan Klon Plasma Nutfah Ubikayu Pada Umur Panen yang Berbeda*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Gope, S., Samyor, D., Paul, A.K., and Das, A.B. 2016. Effect of alcohol-acid modification on physicochemical, rheological and morphological properties of glutinous rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 93(A):860- 867.
- Greenwood, C.T. 1976. *Starch*. Di dalam: Pomeranz, Y (Ed). 1976. *Advance in Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemist, Incorporated. St. Paul Minesota.
- Hadi, D.T. 2017. Analisis Sifat Kimia dan Fungsional Pasta Pati Singkong Termodifikasi dengan Fermentasi *Saccharomyces Cerevisiae*. (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lampung. Hal. 27.
- Herawati, F. 2002. Pemakaian berbagai Jenis Bahan Pengisi pada Pembuatan Tepung Tape Ubi Kayu dengan Menggunakan Pengereng Semprot. (Skripsi). Jurusan TPG-Fateta. IPB. Bogor.
- Hidayat, B., Ahza, A. B. dan Sugiyono. 2007. Karakterisasi tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) varietas Shiroyutaka serta kajian potensi penggunaannya sebagai sumber pangan karbohidrat alternatif. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 18(1): 32-39.
- Horianski, M. A., Peralta, J.M. and Brumovsky. 2016. In vitro digestibility and pasting properties of epichlorohydrin modified cassava starch. *Nutrition & Food Science*. 46(4):517-528.
- Hoseney, R. C. 1998. *Principles of Cereal Science and Technology*. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul, Minnesota.
- Hustiany, R. 2006. Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka sebagai Bahan Enkapsulasi Komponen Flavor. (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Islami, T. 2014. *Ubi Kayu; Tinjauan Aspek Ekofisiologi serta Upaya Peningkatan dan Keberlanjutan Hasil Tanaman*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Idibie, C.A., Davids, H., and Iyuke, S.E. 2007. Cytotoxicity of Purified Cassava Linamarin to a Selected Cancer Cell Lines. *Bioprocess Biosystems Engineering*. 30:261- 269.
- Jading, A., Tethool, E., Payung, P. dan Gultom, S. 2011. Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidasi menggunakan alat pengereng *cross flow fluidized bed* bertenaga surya dan biomasa. *Reaktor*. 13(3) :155-164.
- Kaletunç, G. dan Breslauer, K.J. 2003. *Characterization of Cereals and Flours*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Kilara, A. 2006. Interactions of ingredients in food systems : An Introduction. *Di dalam* : Gaonkar, A.G dan A. McPherson (eds). 2006. Ingredient

- Interactions : Effect on Food Quality. 2nd Edition. CRC Taylor & Francis. London.
- Koswara. 2006. *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.
- Koswara, S. 2013. *Teknik Pengolahan Umbi-Umbian : Pengolahan Umbi Talas*. Modul IPB. Bogor.
- Kusnandar, F. 2010. *Kimia Pangan Komponen Makro*. PT. Dian Rakyat. Jakarta.
- Kusmawati, Aan, Ujang, H. dan Evi, E. 2000. *Dasar-Dasar Pengolahan Hasil Pertanian I*. Central Grafika. Jakarta.
- Kusumayanti, H., Handayani, N.A. dan Santosa, H. 2015. Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. *Procedia Environmental Sciences*. 23:164-167.
- Laovachirasuwan, P., Peerapattana, J., Srijesdaruk, V., Chitropas, P., and Otsuka, M. 2010. The physicochemical properties of a spray dried glutinous rice starch biopolymer. *Colloids and Surfaces B: Bionterfaces*. 78(1):30-35.
- Li, J. Y. dan Yeh, A. I. 2001. Relationship between thermal, rheological characteristics, and swelling power for various starches. *Food Engineering Journal*. 50:141-148.
- Liu, Q. 2005. Understanding starches and their role in foods. In: Cui SW (ed). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. CRC Pr. Francis.
- Maharani, S., Khumaida, N., Syukur, M., dan Ardie, W.S. 2015. Radiosensitivitas dan keragaman ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) hasil iradiasi sinar gamma. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 43:2.
- Mitsui, T., Itoh, K., Hori, H., and Ito, H. 2010. Biosynthesis and degradation of starch. *Bull.Facul.Agrich.Niigata Univ*. 62(2):49-73.
- Meyer, L.G. 1982. *Food Chemistry*. AVI. Westport.
- Moo-Young, M. 1985. *Comprehensive Biotechnology Volume 14*. Pergamon Press. New York.
- Moorthy, S.N. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches : A Review. *Starch – Starke*. 54(12):559-592.
- Moorthy, S.N. 2004. *Tropical Source of Starch*. CRC Press. Boca Raton.
- Morante N, Sanchez, T., Ceballos, H., Calle, F., Perez, J.C., Egesi, C., Cuambe, C.E., Escobar, A.F., Ortiz, D., Chavez, A.L., and Fregene, M. 2010. Tolerance to postharvest physiological deterioration in cassava roots. *Crop Sci*. 50:1333–1338.doi: 10.2135/cropsci2009.11.0666.
- Murillo, C.E.C., Wang, Y.J. and Perez, L.A.B. 2008. Morphological, physicochemical and structural characteristics of oxidized barley and corn starches. *Starch/Stärke*. 60: 634-645.

- Mulyandari, S.H. 1992. Kajian Perbandingan Sifat-sifat Pati Umbi-Umbian dan Pati Biji-Bijian. (*Skripsi*). Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Tekonolgi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Myers, A.M., Morell, M.K., James, M.G. and Ball, S.G. 2000. Recent progress toward understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. *Plant Physiology*. 122:989-997.
- Nakamura, Y. 2002. Towards a better understanding of the metabolic system for amylopectin biosynthesis in plants: rice endosperm as a model tissue. *Plant and Cell Physiology*. 43:718-725.
- Ndabikunze, B.K., Talwana, H.A.L., Mongi, R.J., Issa-Zacharia, A., Serem, A.K., Palapala, V., and Nandi, J.O.M. 2011. Proximate and mineral composition of cocoyam (*Colocasia esculenta L. and Xanthosoma sagittifolium L.*) grown along the lake Victoria Basin in Tanzania and Uganda. *African Journal of Food Science*. 5(4):248–254.
- Nduwumuremyi, A., Melis, R., Shanahan, P., and Theodore, A. 2017. Interaction of genotype and environment effects on important traits of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). *The Crop Journal*. 5(5):373-386.
- Ngea, G. L. N., Guillon, F., Ngang, J.J.E., Bonnin, E., Bouchet, B. and Saulnier, L. 2016. Modification of cell wall polysaccharides during retting of cassava roots. *Food Chemistry*. 213:402-409.
- Niba, L.L., Bokanga, M.M., Jackson, F.L., Schlimme, D.S. and Li, B.W. 2002. Pshysochemical properties and starch granular characteristics of flour from various *Manihot esculanta* (cassava) genotypes. *Journal of Food Science*. 67 : 1701-1705.
- Noerwijati, S.K. dan Mejaya, I.M.J. 2015. Penampilan Tujuh Klon Harapan Ubikayu di Lahan Kering Masam. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2015*. Bogor. pp. 521-527.
- Nurfida. 2010. Kandungan Amilosa dan Amilopektin pada Pati Singkong. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nwokocha, L.M., Aviara, N.A., Senan, C., and Williams, P.A. 2009. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crants) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. *Carbohydrate Polymers*. 76:362-367.
- Okonogi, S., Kaewpinta, A., Khongkhunthian, S., and Yotsawimonwat, S. 2015. Effect of rice variety on the physicochemical properties of the modified rice powders and their derived mucoadhesive gels. *Drug Discoveries & Therapeutics*. 9(3):221-228.

- Oktavia, A.D., Idiawati, N., dan Destiarti, L. 2013. Studi awal pemisahan amilosa dan amilopektin pati ubi jalar (*Ipomoea batatas* Lam) dengan variasi konsentrasi n-butanol. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 2:153-156.
- Oladayo, O.O., Queendaline, U.C., and Joseph, O.S. 2016. Physicochemical properties of cassava starch and starch-keratin prepared biofilm. *Journal of Science and Technology*. 38(4):349-355.
- Ormerod, A., Ralfs, J., Jobling, S. and Gidley, M. 2002. The influence of starch swelling on the material properties of cooked potatoes. *Journal of Materials Science*. 37(8):1667-1673.
- Pangestuti, B.D. 2010. Karakterisasi Tapioka dari Beberapa Varietas Ubi Kayu (*Manihot Esculenta* Crantz). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 75-76.
- Peerapattana, J., Phuvarit, P., Srijesdaruk, V., Preechagoon, and Tattawasart, A. 2010. Pregelatinized glutinous rice starch as a sustained release agent for tablet preparations. *Carbohydrate Polymers*. 80(2):453-459.
- Pomeranz, Y. 1991. *Functional Properties of Food Components*. Academic Press, Inc. New York.
- Prihandana, R., Noerwijan, K., Nurani, P.G.A., Setyaningsih, D., Setiadi, S., dan Hendroko, R. 2008. *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Agromedia. Jakarta. 194 hlm.
- Purnamasari, I. dan Januarti, H. 2010. Pengaruh Hidrolisa Asam-Alkohol dan Waktu Hidrolisa Asam terhadap Sifat Tepung Tapioka. (*Skripsi*). Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Radley, J. A. 1976. *Starch Production Technology*. Applied Science Publisher Ltd. London.
- Rahman, A. D. 2007. Mempelajari Karakteristik Kimia dan Fisil Tepung Tapioka dan Mocal (Modified Cassava Flour) sebagai Penyalut Kacang pada Produk Kacang Salut. (*Skripsi*). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmiati, M.T., Purwanto, A.Y., Budijanto, S., dan Khumaida, N. 2016. Sifat fisikokimia tepung dari 10 genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil pemuliaan. *Agritech*. 36:4.
- Rasulu, H., Yuwono, S.S., dan Kusnandi, J. 2012. Karakteristik Tepung Ubi Kayu Terfermentasi sebagai Bahan Pembuatan Sagukasbi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(1): 1-7.
- Rongsirikul, O., Saithong, T., Kalapanulak, S., Meechai, A., Cheevadhanarak, S., Netphan, S. and Suksangpanomrang, M. 2010. *Reconstruction of Starch Biosynthesis Pathway in Cassava Using Comparative Genomic Approach*. Chan, J.H., Ong, Y.S. and Cho, S.B. (eds.): CSBio, CCIS 115:118-129. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



- Saliem, H.P., dan Nuryanti, S. 2011. *Perspektif Ekonomi Global Kedelai dan Ubi Kayu Mendukung Swasembada*. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Kementerian Pertanian. [http://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/pdf/files/Anjak\\_2011\\_4\\_10.pdf](http://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/pdf/files/Anjak_2011_4_10.pdf). [21 November 2018].
- Salim, E. 2011. *Tepung Tapioka Solusi Atasi Ketergantungan Impor Terigu*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Santosa, B. A., Widowati, S., Soeprapto, R. H. dan Saifudin. 2002. Ekstraksi, isolasi dan hasil olah pati kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L, Walp). *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 21(1):58- 62.
- Satin, M. 2007. *Functional Properties of Starches*. Agroindustry and Post Harvest Management Service. [www.fao.org](http://www.fao.org). [04 September 2019].
- Shi, S.S., and He, G.Q. 2012. Process optimizaion for cassava starch modified by octenyl succinic anhydride. *Procedia Engineering*. 37:255-259.
- Shimelis, E., Meaza, M. dan Rakshit, S. 2006. Physico-chemical properties, pasting behavior and functional characteristics of flours and starches from improved bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Agricultural Engineering International: the CIGR E.J. Manuscript FP 05 015*, VIII.
- Singh N, Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N.S. and Gill, B.S. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Review Food Chemistry*. 81:219-231.
- Siswoyo, T.A. 2004. Pengaruh perbedaan ekstraksi lipid terhadap gelatinisasi dan retrogradasi tepung melinjo (*Gnetum gnemon*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. XV (2) : 113-118.
- Soison, B., Jangchud, K., Jangchud, A., Hamsilawat, T. dan Piyachomkwan, K. 2015. Characterization of starch in relation to flesh colors of sweet potato varieties. *International Food Research Journal*. 22:2302-2308.
- Sofyadi, E. 2011. *Aspek Budidaya, Prospek, Kendala, dan Solusi Pengembangan Sorgum di Indonesia*. <http://edysof.wordpress.com>. [06 November 2018].
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Wanlapatit, S. dan Oates, C.G. 2000. Cassava starch technology: the Thai experience. *Starch/Stärke*. 52 : 439-449.
- Sriroth K, Santusopari, V., Petchalanuwat, C., Kurotjanawong, K., Piyachomkwan, K., and Oates, C.G. 1999. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*. 38(2):161-170.
- Subagio, A. 2006. Ubi kayu substitusi berbagai tepung-tepungan. *Food Review* 1(3):18-22.
- Sukandar, E. Y., Andrajati, R., Sigit, J. I., Adnyana, I. K., Setiadi, A. P. dan Kusnandar. 2009. *ISO Farmakoterapi*. Ikatan Sarjana Farmasi Indonesia. Jakarta.

- Suriani, A.I. 2008. Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Berulang terhadap Karakteristik Sifat Fisik dan Fungsional Pati Garut (*Marantha arudinacea*) Termodifikasi. (Skripsi). IPB. Bogor.
- Susilawati, Siti, N., dan Sefanadia, P. 2008. Karakteristik sifat fisik dan kimia ubi kayu (*Manihot esculenta*) berdasarkan lokasi penanaman dan umur panen berbeda. *Jurnal Industri dan Hasil Pertanian*. 13(2):59-72.
- Swinkels, J.J.M. 1985. *Source of Starch, Its Chemistry and Physic*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Syamsir, E., Haryadi, P., Fardiaz, D., Andarwulan, N. dan Kusnandar, F. 2011. Karakterisasi tapioka dari lima varietas ubi kayu (*Manihot Utilisima* Crantz) asal Lampung. *Jurnal Agrotek*. 5 (1):93-105.
- Syamsir, E., Hariyadi, P., Fardiaz, D., Andarwulan, N. dan Kusnandar, F. 2012. *Pengaruh Proses Heat Moisture Treatment (HMT) Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Taggart, P. 2004. *Starch as An Ingredients : Manufacture and Applications*. Di Dalam: Ann Charlotte Eliasson (Ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*. CRC Press. Baco Raton, Florida.
- Tappiban, P., Smith, D.R., Triwitayakorn, K., and Bao, J. 2018. Recent understanding of starch biosynthesis in cassava for quality improvement. A review. *Trends in Food Science & Technology*. 83(2019)167–180.
- Thomas, D.J. and Atwell, W.A. 1999. *Starches : Practical for the Food Industry*. Eagan Press. USA.
- Tonukari, N.J. 2004. Cassava and the future of starch. *Journal of Biotechnology*. 7(1):6–8.
- Torruco-Uco, J., and Betancur-Ancona, D. 2007. Physicochemical and functional properties of Makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. *Food Chemistry* 101:1319-1326.
- Trisnanto, A. 2013. *Pangan Nusantara dan Kemandirian Bangsa*. Kementerian Pertanian RI. Jakarta.
- Twyongyere, R. and Katongole. 2012. Cyanogenik potential of cassava peels and their detoxification for utilization as livestock feed. *Veterinary Human Toxicology*. 44(6):366-369.
- Uarrota, V. G., Moresco, R., Schmidt, E.C., Bouzon, Z.L., da Costa Nunes, E., de Oliveira Neubert, E., Peruch, L.A.M., Rocha, M. and Maraschin, M. 2016. The role of ascorbate peroxidase, guaiacol peroxidase, and polysaccharides in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots under postharvest physiological deterioration. *Food Chemistry*. 197:737- 746.
- USDA. National Nutrient Data Base for Standard. 2014. *Basic Report 20649, Tapioca, pearl, dry*. The national Agricultural Library. USA.

- Vandeputte, G.E., Deryeke, V., Geeroms, J. and Delcour, J. A. 2003. Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties. *Journal of Cereal Science*. 38(1):53-59.
- Wargiono, J., Hasanuddin, A., Suyamto. 2006. *Teknologi Produksi Ubikayu Mendukung Industri Bioethanol*. Puslitbangtan. Bogor. 42 halaman.
- Wasserrman, L.A., Mischarina, T.A. dan Yuryev, V.P. 2002. Interaction native starches with low molecular organic compounds. *Di dalam* : Yuryev, V.P., A. Cesaro, dan W.J. Bergthaller (eds). 2002. *Starch and Starch Containing Origins Structure, Properties, and New Technologies*. Nova Science Publisher Inc. New York.
- Wijayanti, F. dan Kumalasari, R. 2011. *Analisa Biaya Beras Jagung Instan Berserat Sebagai Upaya Diversifikasi Pangan Pokok*. Buku Program: Seminar Nasional Sains dan Teknologi IV, November 2011. Universitas Lampung. 4:7-12.
- Winarno, F.G. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. P.T. Gramedia. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 253 hlm.
- Wirakusumah, E.S. 1992. *Kandungan Gizi Buah dan Sayuran*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Wurzburg, O.B. 1968. Starch in the Food Industry. *Di dalam* : Furia, T. E (ed). 1968. *Handbook of Food Additives*. The Chemical Rubber Co. Ohio.
- Yuan, M.L., Lu, Z.H., Cheng, Y.Q. and Li, T.L. 2008. Effect of spontaneous fermentation on the physical properties of corn starch and rheological characteristics of corn starch noodle. *Journal of Food Engineering*. 85 :12-17.
- Yuningsih. 2009. Perlakuan penurunan kandungan sianida ubi kayu untuk pakan ternak. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 28(1):58-61.