

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Ubi Kayu

Ubi kayu mempunyai banyak nama daerah diantaranya adalah ketela pohon, singkong, ubi jenderal, ubi inggris, telo puhung, kasape, bodin, telo jenderal (Jawa), sampeu, huwi dangdeur, huwi jenderal (Sunda), kasbek (Ambon), dan ubi prancis (Padang). Ubi kayu merupakan komoditi perdagangan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Ubi kayu merupakan sumber bahan makanan ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung yang potensial untuk dikembangkan terutama dipropinsi Lampung. Luas areal ubi kayu di Indonesia mencapai 915.459 Ha dengan luas panen 1.259.152 Ha dan produksi rata-rata mencapai 15,5 ton per Ha. Lampung yang merupakan sentra utama ubi kayu nasional mempunyai luas areal penanaman ubi kayu 298.989 Ha, Jawa Timur luas areal 240.493 Ha, Jawa Tengah 215.574 Ha, dan Jawa Barat 114.853 Ha.

Tanaman ubi kayu dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)

Divisio : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Famili : *Euphorbiaceae*

Genus : *Manihot*

Spesies : *Manihot esculenta* Crantz

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) adalah tanaman dikotil berumah satu yang ditanam untuk dimanfaatkan patinya yang terkandung didalam akar lumbung (umbi) karena daya cernanya yang baik. Ubi berkembang dari penebalan sekunder akar serabut adventif. Bentuk umbi bermacam-macam dan kebanyakan berbentuk silinder dan meruncing, beberapa diantaranya bercabang. Bagian umbi yang mengecil dan berkayu menghubungkan ubi dengan batang. Daging bagian dalam berwarna putih dan ada juga yang berwarna kuning (Rukmana, 1997). Bagian dalam ubi kayu merupakan pembuluh xylem yang diselubungi oleh lapisan kambium, oleh karena itu bagian dalam ubi kayu keras meskipun banyak mengandung air. Pada bagian luar umbi, dibawah kulit terdapat lapisan gabus yaitu sel-sel yang mati (tidak berfungsi dalam sistem metabolisme). Baik kulit luar maupun sel-sel gabus berfungsi bagian dalam umbi (Heddy dan Kurniati, 1994).

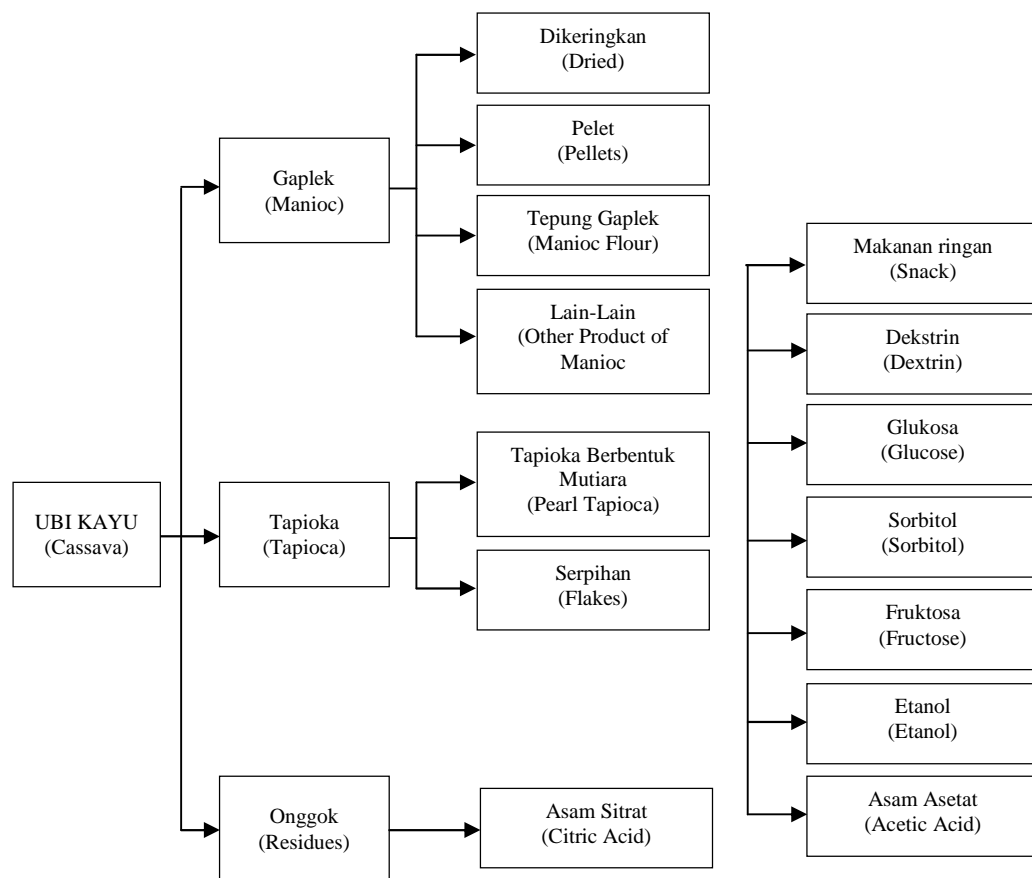
Sebagai komoditi pertanian ubi kayu termasuk komoditas yang mudah rusak setelah dipanen. Setelah ubi kayu dipanen, jaringan sel ubi kayu masih hidup dan terus melakukan respirasi oleh sebab itu ubi kayu tidak mempunyai waktu simpan yang lama. Dalam jangka waktu 2-3 hari apabila tidak segera diproses atau dikonsumsi ubi kayu akan mengalami warna berubah menjadi kecoklatan atau kebiruan dan menimbulkan rasa tidak enak hingga akhirnya menjadi busuk yang disebabkan oleh aktivitas enzim yang terdapat didalam lendirnya (Wargiono *et al.*, 1990).

Umbi ubi kayu akan segera mengalami perubahan mutu setelah umbi dipotong dari tanaman. Perubahan mutu tersebut disebabkan perubahan komponen organik karena berlangsungnya proses biokimia atau disebabkan faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Akibat luka pada kedua ujung umbi dan luka lain yang mungkin terjadi waktu dipanen adalah pangkal utama percepatan kerusakan terutama kerusakan fisiologis dan mikrobiologis. Kerusakan umbi yang khas pada ubi kayu adalah kepoyoan. Kepoyoan mulai terlihat setelah umbi dipanen lewat 24 jam dan biasanya mulai dari bagian luka di kedua ujung atau luka lainnya terus menjalar ke bagian tengah umbi.

Umbi yang poyo ditandai oleh perubahan warna dari putih ke warna kehitaman atau bergaris-garis tipis hitam kebiruan. Kepoyoan bukan hanya akan menurunkan mutu cita rasa ubi kayu, tetapi juga mengurangi kadar patinya. Penurunan kadar pati tersebut disebabkan karena granula pati yang terkandung didalam umbi sebagian besar terdegradasi, sehingga banyak mengandung komponen-komponen non pati pada umbi tersebut. Hal ini tentu saja akan merugikan jika ubi kayu akan diambil patinya sebagai bahan baku dalam berbagai industri (Anonymous, 2007).

Umumnya ubi kayu yang dikenal dimasyarakat ada 2 jenis yaitu ubi kayu tidak beracun dan ubi kayu beracun. Ubi kayu tidak beracun mempunyai rasa manis dan ubi kayu beracun mempunyai rasa pahit. Pada ubi kayu manis kandungan asam sianida pada umbi sangat rendah, sehingga tidak dapat menimbulkan efek keracunan bagi yang mengkonsumsinya, sedangkan ubi kayu pahit kandungan asam sianida sangat tinggi, sehingga dapat menimbulkan keracunan bagi yang mengkonsumsinya. Ubi kayu yang tergolong manis atau

yang tidak beracun mengandung asam sianida kurang dari 50 mg/Kg ubi segar, akan tetapi yang beracun dapat sampai 250 mg/kg bahkan lebih. Ubi kayu dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula cair (*High Fructose Syrup, glucose syrup*), tapioka, *modified starch* dan alkohol. Pemanfaatan ubi menjadi berbagai produk seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon industri pengolahan ubi kayu menjadi berbagai produk turunannya. Sumber : Wijana *et al.* (2011)

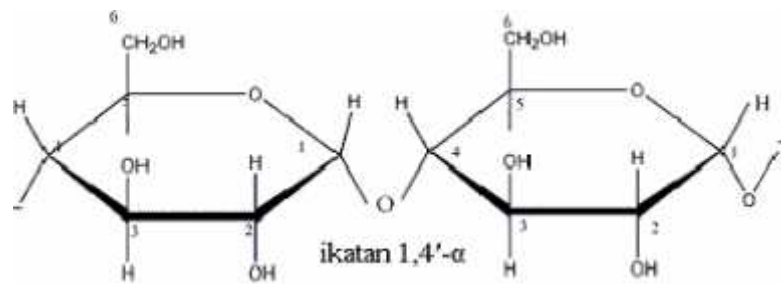
Ubi kayu segar mengandung 35-40% bahan kering dan 90% diantaranya adalah karbohidrat. Ubi kayu dapat menghasilkan 150 kkal/100g bobot segar. Ubi kayu juga merupakan sumber vitamin C yang baik, mengandung 30-35 mg/100g bobot segar, dan biasanya rendah kandungan serat (1,4%) dan lemaknya (0,3%).

## B. Pati

Pati merupakan komponen karbohidrat utama dalam ubi kayu. Kadar pati tertinggi dihasilkan setelah ubi kayu berumur 12 bulan. Pati terdapat dalam jumlah 64 sampai 72% dari total karbohidrat, sedangkan amilosa sejumlah 17 sampai 20% dari pati. Pati merupakan karbohidrat yang tersedia dalam jumlah besar sebagai makanan cadangan dalam tanaman, terdapat sebagai granula dalam plastisida sel dan terpisah dari sitoplasma (Wijandi, 1976).

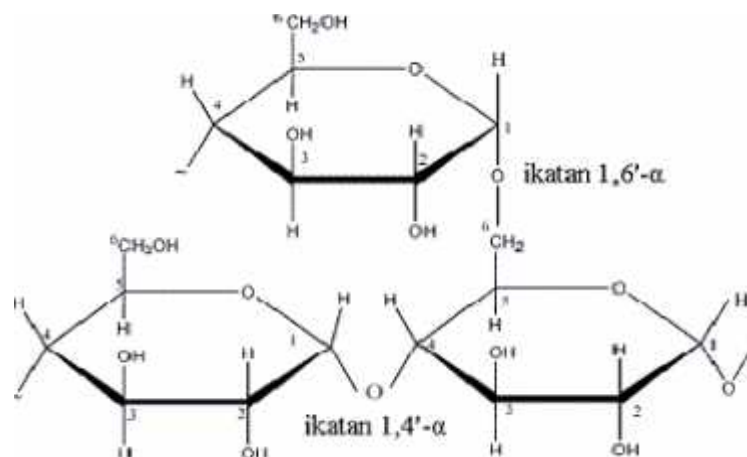
Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik, yang banyak terdapat pada tumbuhan terutama biji-bijian, umbi-umbian. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai atom karbonnya, serta lurus atau bercabang (Koswara, 2006; Pudjihastuti, 2011). Bentuk asli pati alami adalah butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti protein dan lemak.

Amilosa mempunyai struktur lurus yang didominasi dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa. Panjang polimer dipengaruhi oleh sumber pati dan akan mempengaruhi berat molekul amilosa. Amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksimolekuler yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa. Pembentukan ikatan hidrogen ini lebih mudah terjadi pada amilosa daripada amilopektin (Taggart, 2004). Struktur amilosa disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur amilosa  
Sumber : Taggart (2004)

Amilopektin mempunyai titik percabangan dengan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-D-glukosa disamping ikatan  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa pada rantai lurusnya, dan memiliki bobot molekul yang besar. Amilopektin juga dapat membentuk kristal, tetapi tidak seaktif amilosa karena adanya rantai percabangan yang menghalangi terbentuknya kristal (Taggart, 2004). Pati alami biasanya mengandung amilopektin lebih banyak daripada amilosa (Flach, 1993). Struktur amilopektin disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur amilopektin  
Sumber : Taggart (2004)

### C. Sifat Fisikokimia Pati

Pati merupakan polisakarida yang tidak mempunyai rasa manis dan merupakan jenis karbohidrat yang paling sering digunakan sebagai sumber energi dalam bentuk makanan pokok serta dalam bentuk jenis makanan lain. Dalam keadaan murni pati bewarna putih, tidak berbau dan tidak berasa (Winarno, 1997). Pati didalam tanaman dapat merupakan energi cadangan. Pati ubi kayu sangat cepat dikenal dan telah digunakan secara permanen dalam beberapa industri yang menggunakan pati, sedangkan jenis pati yang lain kurang mendapat tempat penting karena sifat pati ubi kayu yang unik. Pati ini dengan cepat akan tergelatinisasi oleh pemanasan dengan air dan larutannya setelah pendinginan secara komparatif tetap cair. Selanjutnya, larutan tersebut secara relatif lebih stabil dalam hal bahwa larutan tersebut tidak cepat memisah kembali ke bentuk yang tidak larut (*insoluble form*).

Pati tidak terdapat dalam keadaan bebas dialam tetapi terdapat dalam bentuk granula-granula (*descerate particles*) yang dapat diamati secara mikroskopik. Granula pati ubi kayu berbentuk oval, bundar dan bentuk tak beraturan (Moorthy, 2004)). Dalam granula, kedua molekul amilosa dan amilopektin disusun secara radial. Pati dengan ukuran granula kecil baik untuk dijadikan sebagai bahan baku industri, terutama apabila digunakan dalam pembuatan sirup dan pati termodifikasi melalui proses hidrolisis. Ukuran granula pati sangat berpengaruh terhadap mutu pati yang dihasilkan dalam skala industri. Pati dengan ukuran granula yang kecil, efektivitas dan reaksi kecepatan hidrolisis enzim atau asam

akan lebih baik bila dibandingkan dengan ukuran granula pati yang besar (Muhlis, 2003).

Bentuk butir pati secara fisik berupa semi kristal yang terdiri dari unit kristal dan unit amorf. Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim, sedangkan unit amorf sifatnya labil terhadap asam kuat dan enzim (Sajilata *et al.*, 2006). Perbandingan antara bagian amorf dan bagian kristalin serta jumlah ikatan cabang dalam setiap granula pati sangat menentukan kecepatan hidrolisis. Semakin tinggi bagian amorf dalam granula semakin mudah butiran pati tersebut terhidrolisis karena ikatan antar molekul pada bagian amorf tidak begitu kuat. Sebaliknya pada bagian kristalin ikatan antar molekul sangat kuat, sehingga lebih sukar untuk dihidrolisis (Sajilata *et al.*, 2006).

Granula pati dapat menyerap air dan membengkak. Meyer (1985) 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 padasaat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi dan besarnya berbeda tergantung pada jenis pati dan konsentrasinya (Winarno, 1991). Pengembangan granula pati disebabkan oleh molekul-molekul air yang melakukan penetrasi ke dalam granula dan terperangkap dalam susunan molekul-molekul amilosa dan amilopektin. Granula pati yang kaya akan amilosa mempunyai kemampuan untuk mengkristal lebih besar yang disebabkan oleh lebih intensifnya ikatan hidrogen.

#### **D. Tapioka**

Tapioka merupakan hasil ekstraksi pati ubi kayu (*Manihot utilissima POHL.*) yang mengalami pencucian sempurna dan dilanjutkan dengan pengeringan. Di Indonesia ubi kayu merupakan hasil pertanian pangan kedua terbesar setelah padi. Ubi kayu merupakan hasil produk pertanian yang potensinya tinggi sebagai sumber karbohidrat untuk bahan pangan dan industri (Rukmana, 1997).

Tapioka mempunyai sifat yang sangat mirip dengan amilopektin karena tapioka sebagian besar terdiri dari amilopektin. Sifat-sifat amilopektin antara lain adalah dalam bentuk pasta, amilopektin menunjukkan penampakan yang sangat jernih sehingga dapat meningkatkan penampakan produk akhir, pada suhu normal pasta dari amilopektin tidak mudah menggumpal, mempunyai daya rekat yang tinggi. Kisaran suhu gelatinisasi tapioka adalah 58,5°C sampai 70°C. Tapioka mempunyai mekanisme gelatinisasi yang mirip dengan pati biji-bijian. Jenis-jenis tersebut rata-rata menghasilkan gel yang cukup stabil untuk mempertahankan konsistensinya (Tjakroadikusomo, 1986).

Kandungan utamatapioka adalah karbohidrat dan memiliki sedikit protein dan lemak. Komposisi kimia tapioka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabell. Komposisi kimia tapioka dalam 100 gram bahan

Komponen	Jumlah (gram)
Air	12,00
Karbohidrat	86,00
Protein	0,50
Lemak	0,30
Abu	0,30

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 2004.

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), nilai pH tapioka tidak dipersyaratkan. Namun demikian, beberapa institusi mensyaratkan nilai pH untuk mengetahui mutu tapioka berkaitan dengan proses pengolahan. Salah satu pengolahan tapioka yang berkaitan dengan pH adalah pada proses pembentukan pasta. Menurut Winarno (2002), pembentukan gel optimum terjadi pada pH 4-7. Bila pH terlalu tinggi, pembentukan pasta makin cepattercapai tetapi cepat turun lagi. Sebaliknya bila pH terlalu rendah, pembentukan pasta menjadi lambat dan viscositasnya akan turun bila proses pemanasan dilanjutkan. *The Tapioca Institute of America (TIA)* menetapkan standar pH tapioka sekitar 4.5-6.6 (Radley, 1976). Syarat mutu tapioka sesuai SNI dapat dilihat pada Tabel 2.

Proses ekstraksi ubi kayu relatif mudah, karena kandungan protein dan lemaknya yang rendah. Jika proses pembuatannya dilakukan dengan baik, pati yang dihasilkan akan berwarna putih bersih (Moorthy, 2004). Berdasarkan derajat keputihan, maka semakin putih tapioka mutunya juga semakin baik.

Tabel 2.Syarat mutu tapioka berdasarkan SNI 3451:2011

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 gr	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

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2011.

### E. Ekstraksi Tapioka

Tapioka berbentuk butiran atau granula yang banyak terdapat dalam sel umbi ubi kayu. Dengan cara memisahkan komponen granula pati inti dari komponen lainnya maka akan diperoleh tapioka. Perbedaan proses pembuatan tapioka industri besar biasanya dilakukan dengan menggunakan alat-alat atau mesin-mesin canggih berbeda dengan industri rumah tangga ataupun industri rakyat dimana proses dilakukan secara tradisional dengan menggunakan alat-alat yang sederhana.

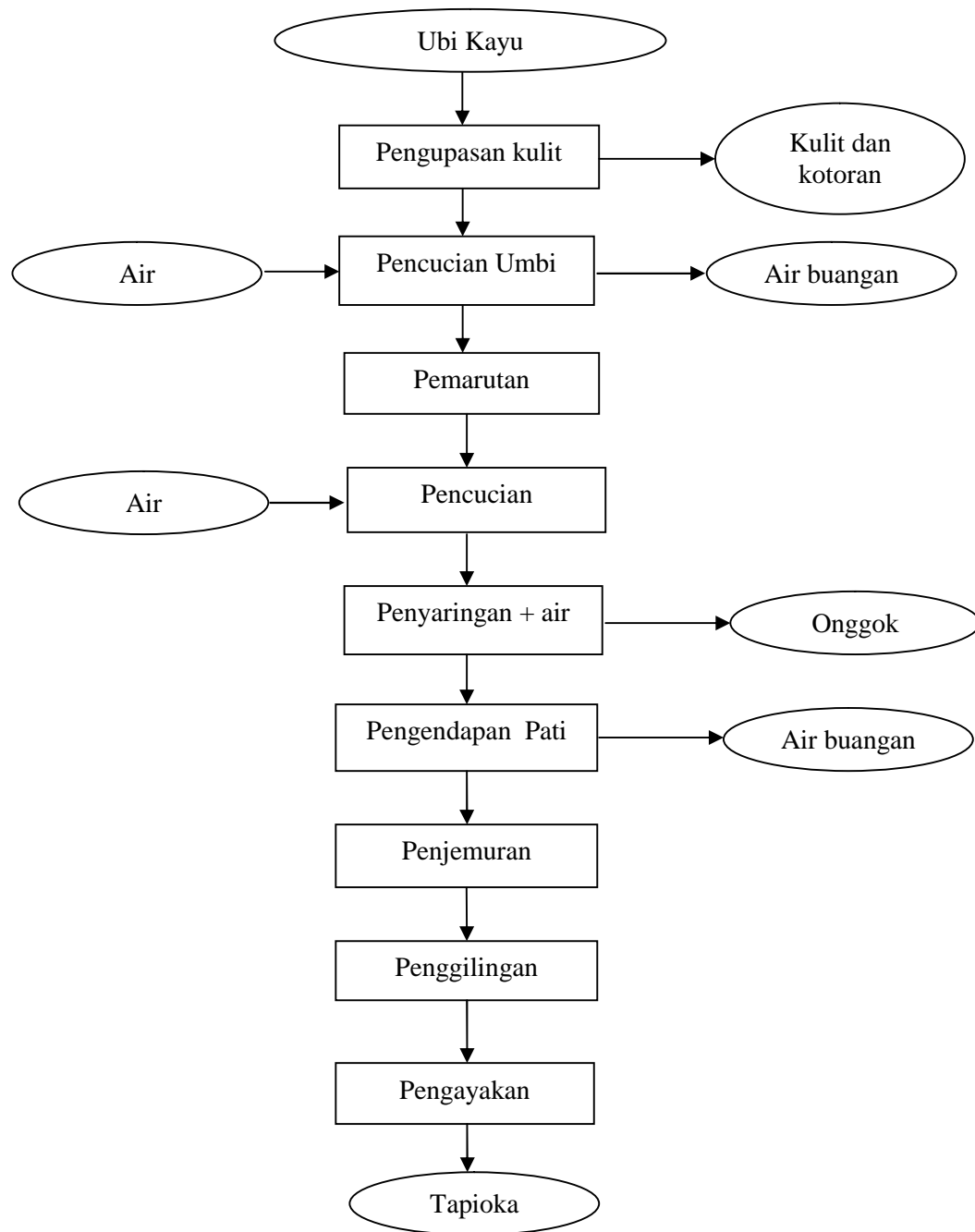
Proses produksi tapioka merupakan suatu mata rantai yang dimulai dari proses penerimaan bahan baku, pembersihan, pemotongan, pamarutan, penyaringan,

pemurnian, pengeringan, pengayakan, pengemasan, dan penggudangan. Proses pengolahan tapioka di industri skala kecil pada umumnya dapat dilihat pada Gambar 4. Secara garis besar ada empat tahapan yang harus dilakukan dalam proses ekstraksi tapioka yaitu : 1) Tahap pemecahan sel dan pemisahan butiran pati dari unsur lain yang tidak larut, melalui kegiatan pengupasan, pencucian, pamarutan dan penyaringan; 2) Tahap pengambilan pati dengan penambahan air, termasuk juga perlakuan ini adalah proses pengendapan dan pencucian; 3) Tahap pembuangan atau penghilangan air. Untuk membantu kegiatan ini bisa dilakukan dengan pengeringan melalui panas dan pemusingan; 4) Tahap terakhir adalah melakukan penepungan agar diperoleh tepung yang dikehendaki. Kegiatan pembuatan tapioka seperti terlihat pada Gambar 4.

### **1. Pamarutan**

Setelah ubi kayu dikupas kemudian dicuci guna menghilangkan lendir dibawah kulit. Pencucian dengan cara mengalirkan air yang berlawanan dengan arah aliran umbi akan efektif dan cepat. Selesai pencucian, ubi kayu dimasukkan kedalam mesin pamarut untuk diparut menjadi bubur. Mesin pamarut terus-menerus dicuci dengan air yang airnya akan mengalirkan bubur kedalam satu bak dan disinilah bubuk dikocok. Kemudian bak bubur ubi kayu dimasukkan kedalam alat penyaring. Alat penyaring terbuat dari anyaman kawat halus atau selapis tembaga tipis yang bergelombang kecil-kecil. Bubur dimasukkan kedalam alat penyaring dan pengairan terus berlangsung. Air dari pengairan ditapis dengan kain tipis yang dibawahnya disediakan wadah untuk menampung aliran air tersebut. Diatas

saringan ampas tertahan, sementara air yang mengandung pati ditampung dalam wadah pengendapan (Wijana *et al.*, 2011).



Gambar 4. Diagram alir proses pengolahan tapioka di skala kecil (dimodifikasi)  
Sumber : Wijana *et al.* (2011)

## **2. Pengendapan**

Pengendapan dimaksudkan memisahkan pati murni dari bagian lain seperti ampas dan unsur-unsur lainnya. Proses pengendapan masih terdapat butiran pati termasuk protein, lemak dan komponen lain yang stabil dan kompleks, sehingga sulit memisahkan butiran pati dengan komponen lainnya. Bahkan butiran ini terdapat berbagai senyawa sehingga dapat menimbulkan bau yang khas. Senyawa alkohol dan asam organik merupakan komponen yang mempunyai aroma khas. Untuk menghindari bau dan perubahan yang tidak diinginkan, pengendapan diusahakan secepat mungkin. Untuk mempercepat pengendapan sering ditambahkan senyawa kimia tertentu seperti asam sulfat, aluminium sulfat, sulfur dioksida dan klorin. Disamping membantu pengendapan, senyawa-senyawa tersebut juga dapat membantu proses pemutihan dari tepung yang akan diperoleh dan bersifat sebagai senyawa antimikroba untuk memperpanjang masa simpan tapioka.

## **3. Pengeringan**

Pengeringan dimaksudkan untuk menguapkan kandungan air sehingga diperoleh tapioka yang kering. Pengeringan bisa menggunakan sinar matahari, atau dengan pengeringan buatan. Biasanya endapan pati yang berbentuk semi cair ini mempunyai kandungan air sekitar 40% dan dengan pengeringan langsung akan turun sampai 17%. Pengeringan dilakukan pada suhu dibawah 70°C. Gumpalan-gumpalan pati setelah keluar dari pengeringan langsung dihancurkan guna mendapatkan tepung yang diinginkan. Penghancuran dapat melalui rol. Hasil dari

penghancuran ini masih berupa tepung kasar sedangkan yang kita butuhkan adalah tepung halus, untuk itu perlu diayak atau disaring.

Ayakan atau saringan sering kali dipasang bersamaan dengan saat penghancuran, dengan demikian hasilnya segera bisa diperoleh. Sementara butiran yang masih kasar dimasukkan lagi kedalam rol guna penggilingan, kemudian dilakukan penyaringan kembali. Pada penyaringan berikutnya akan diperoleh tapioka yang cukup halus dan segera dipaket/ dibungkus. Sebanyak 1.000 kg ubi kayu segaryang diolah akan dihasilkan 230-250 kg tapioka, 280-300 kg ampas (onggok) dan  $\pm 25$  Kg meniran.

#### **F. Fermentasi dan Modifikasi Tepung Ubi Kayu**

Pada awalnya fermentasi diartikan sebagai pemecahan gula menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub>. Kemudian pengertian tersebut berkembang sehingga pemecahan laktosa menjadi asam laktat oleh *Streptococcus lactis* dalam suasana anaerobik (kurang oksigen) juga diartikan sebagai fermentasi.

Pada saat ini fermentasi secara mudahnya dapat diartikan sebagai suatu proses pengolahan pangan dengan menggunakan jasa mikroorganisme untuk menghasilkan sifat-sifat produk sesuai yang diharapkan. Fermentasi dapat terjadi karena ada aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Fermentasi menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai contoh: sari buah jika difermentasikan akan timbul

rasa dan bau alkohol; ketela pohon dan ketan akan menghasilkan bau alkohol dan asam (tape); serta susu akan menghasilkan bau dan rasa asam.

Berdasarkan penambahan starter (kultur mikroorganisme), fermentasi dibedakan atas dua jenis, yakni fermentasi spontan dan fermentasi tidak spontan. Fermentasi spontan adalah fermentasi yang berjalan alami, tanpa penambahan starter, misalnya fermentasi sayuran (acar/pikel, sauerkraut dari irisan kubis), terasi, dan lain-lain. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang berlangsung dengan penambahan starter/ragi, misalnya tempe, yoghurt, roti, dan lain-lain. Fermentasi ditujukan untuk memperbanyak jumlah mikroorganisme dan menggiatkan metabolismenya dalam makanan. Jenis mikroorganisme yang digunakan terbatas dan disesuaikan dengan produk akhir yang dikehendaki. Zat gizi lain juga dipecah menghasilkan CO<sub>2</sub> dan lain-lain. Hasil fermentasi tergantung pada jenis bahan pangan (substrat), jenis mikroorganisme, dan lingkungan.

Beberapa mikroba berperan dalam fermentasi pangan antara lain bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat adalah kelompok bakteri gram positif yang berbentuk batang atau bulat, katalase negatif, tidak membentuk spora, pada umumnya tidak motil tetapi ada beberapa yang motil, suhu pertumbuhan antara 20-40°C. Sifat-sifat khusus bakteri asam laktat adalah mampu tumbuh pada kadar gula, alkohol dan garam yang tinggi, tumbuh pada pH 3,8-8,0 serta memfermentasi berbagai monosakarida dan disakarida (Stamer, 1979).

Berdasarkan tipe fermentasi glukosa, bakteri asam laktat dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

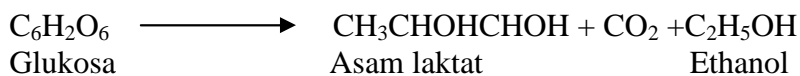


- (1) Obligat homofermentatif, artinya gula hanya bias difermentasi melalui jalur glikolisis, dan tidak bias mengkonsumsi pentose. Hampir seluruh produk yang dihasilkan oleh kelompok bakteri ini berupa asam laktat, contoh :*L.acidophilus*, *L.delbruckii*, *L.helveticus*.
- (2) obligat heterofermentatif, artinya hanya jalur 6-phosphogluconate/phosphoketolase yang dapat digunakan untuk memfermentasi glukosa dengan hasil produk akhir berupa asam laktat, ethanol, asetat dan CO<sub>2</sub>.
- (3) fakultatif heterofermentatif, artinya bisa melalui kedua jalur sebelumnya baik glikolisis maupun jalur 6-phosphogluconate/phosphoketolase. Kelompok ini mengkonsumsi heksosa dan pentose, contohnya *L.casei*, *L.plantarum*, *L.curvatus* dan *L.sake* (Salimen dan Wright, 1993).

Klasifikasi bakteri asam laktat pada tingkat genera didasarkan pada morfologi, model fermentasi gula, suhu pertumbuhan, kemampuan untuk tumbuh pada konsentrasi garam tinggi dan toleransi pada kondisi asam atau basa. Beberapa genera bakteri asam laktat meliputi *Lactobacillus Spp.*, *Lactococcus Spp.*, *Leuconostoc Spp.*, *Pediococcus Spp.*, *Aerococcus Spp.*, *Enterococcus Spp.*, *Carnobacterium Spp.*, *Vagococcus Spp.*, dan *Tetra genococcus Spp* (Stamer, 1979).

Kelompok heterofermentatif memecah glukosa menjadi asam laktat, CO<sub>2</sub>, ethanol, dan kadang kadang asam asetat (Stanier *et al.*, 1963). Sedangkan kelompok heterofermentatif menghasilkan 50% asam laktat, ethanol, asam asetat, gliseron,

manitol dan CO<sub>2</sub>. (Buchanan dan Gibbons, 1986). Proses fermentasi yang umum dari tipe ini :



Bakteri homofermentatif sering digunakan dalam pengawetan makanan karena jumlah asam yang tinggi dalam makanan dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain. Bakteri asam laktat bersifat homofermentatif, misalnya *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus liquifaciens*, *Pediococcus cereviseae* dan *Lactobacillus plantarum* (Salminen dan Wrigth, 1993). Pada fermentasi heterofermentatif, senyawa-senyawa lain yang diproduksi seperti CO<sub>2</sub>, sedikit asam-asam volatil, alkohol dan ester. Pembentukan asam selama proses fermentasi akan mengakibatkan kondisi substrat semakin asam. Bakteri asam laktat tidak hanya berfungsi menurunkan pH media, tetapi juga menghasilkan antibiotik yang disebut bakteriosin, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. Selain itu, bakteri asam laktat juga memproduksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan produksi senyawa pembentuk aroma spesifik (Sudarmadji, 1989).

Prinsip fermentasi asam laktat pada ubi kayu termodifikasi adalah memodifikasi sel ubi kayu dengan cara fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (BAL). Selanjutnya BAL akan memproduksi enzim dan asam organik yang akan mendegradasi sebagian pati menjadi polimer yang lebih pendek rantainya sehingga memperbaiki sifat fungsional tepung (Salim, 2011). Asam organik yang dihasilkan juga akan memperbaiki aroma dan flavor serta mempertahankan warna tepung menjadi lebih baik sehingga memperbaiki organoleptik (Vogel *et al.*, 2002).

Selama proses fermentasi senyawa polifenol menjadi tidak aktif dalam pH yang rendah, dikarenakan senyawa polifenol memiliki sifat cenderung asam dan dapat melepaskan ion  $H^+$  dari gugus OH, sehingga larut dalam air (Kartika *et al.*, 2004). Sebagian mikroorganisme yang tumbuh selama perendaman mempunyai kemampuan untuk menurunkan kadar pH akibat hasil metabolisme selama proses fermentasi dengan menghidrolisis karbohidrat sederhana menjadi asam, sehingga kandungan fenol menurun dan terdegradasi oleh enzim yang dikeluarkan oleh mikroorganisme yang tumbuh dengan cara merusak cincin aromatik senyawa fenol. Dalam proses degradasi fenol selanjutnya, mikroorganisme memanfaatkan fenol sebagai sumber karbon dan energi (Ferhan *et al.*, 2002). Fenol terdegradasi menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$  (Udiharto, 2002) sehingga reaksi pencoklatan dapat dihindari. Reaksi *browning* enzimatik akan berjalan selama ada enzim (enzim PPO), substrat dan lingkungan yang sesuai. Kecil kemungkinan terjadi *browning* enzimatik selama proses pengolahan karena enzim terhambat karena pH rendah dan fenol telah terdegradasi.

Menurut Subagio (2006), mikrobia selama perendaman akan menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang akan menghancurkan dinding sel ubi kayu dan terjadi penghilangan komponen penimbul warna seperti pigmen, dan protein yang dapat memicu *browning* non enzimatik. Semakin lama perendaman akan menyebabkan semakin berkurangnya komponen penimbul warna, selain itu, pengerokan lapisan lendir juga akan mempercepat laju perkembangan mikrobia dan semakin cepat penghilangan komponen penimbul warna. Selain mempercepat pertumbuhan mikrobia, protein pada lendir ubi kayu (glukoprotein) yang berkurang akan memperkecil terjadinya *Maillard*.

Tepung modifikasi fermentasi merupakan salah satu produk tepung yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel ubi kayu secara fermentasi oleh BAL yang mendominasi selama berlangsungnya fermentasi tersebut. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat merusak dinding sel ubi sedemikian rupa, sehingga terjadi pembebasan granula pati yang menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viscositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi dan kemudahan melarut (Zubaidah dan Irawati, 2013).