

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ubi Jalar

Ubi jalar atau ketela rambat atau “*sweet potato*” diduga berasal dari benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman ubi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia dan Amerika bagian tengah. Ubi jalar menyebar ke seluruh dunia terutama negara-negara beriklim tropika, diperkirakan pada abad ke-16. Orang-orang Spanyol dianggap berjasa menyebarkan ubi jalar ke kawasan Asia terutama Filipina, Jepang dan Indonesia (Direktorat Jendral Tanaman Pangan, 2014). Sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman ubi jalar diklasifikasikan sebagai berikut (Rukmana, 1997):

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Convolvulales
Famili : Convolvulaceae
Genus : *Ipoemoea*
Spesies : *Ipoemoea batatas*

Ubi jalar menempati peringkat ke 7 dari tanaman pangan di dunia dan peringkat ke 5 diantara negara berkembang. Sampai saat ini China adalah produsen ubi jalar terbesar 90% di dunia dengan volume produksi sebesar 117 juta ton (Centro Internacional de la Papa, 2011).

Menurut Widodo (1989), ubi jalar memiliki kandungan nutrisi yang baik, umur yang relatif pendek, dan produksi yang tinggi. Ubi jalar juga dianggap lebih murah, lebih manis, dan banyak mengandung komponen kalori dan vitamin A jika dibandingkan dengan tepung terigu (Villareal dan Griggs, 1982). Selain itu ubi jalar juga merupakan salah satu komoditas lokal sumber serat pangan yang berpotensi sebagai prebiotik (Lestari *et al.*, 2013). Dari gambaran di atas terlihat bahwa ubi jalar memiliki potensi yang sangat layak untuk dipertimbangkan dalam menunjang program diversifikasi pangan yang berbasis pada tepung dan pati.

1. Jenis-Jenis Ubi Jalar

Plasma nutfah (sumber genetik) tanaman ubi jalar yang tumbuh didunia diperkirakan berjumlah lebih dari 1000 jenis, namun baru 142 jenis yang diidentifikasi oleh para peneliti. Lembaga penelitian yang menangani ubi jalar, antara lain: *International Potato centre* (IPC) dan *CentroInternacional de La Papa* (CIP). Di Indonesia, penelitian dan pengembangan ubi jalar ditangani oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan atau Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi), Kementerian Pertanian. Varietas atau kultivar atau klon ubi jalar yang ditanam di berbagai daerah jumlahnya cukup

banyak, antara lain: Lampeneng, Sawo, Cilembu, Rambo, SQ-27, Jahe, Kleneng, Gedang, Tumpuk, Georgia, Layang-Layang, Karya, Daya, Borobudur, Prambanan, Mendut, Sari, Suku, dan Kalasan. Varietas yang digolongkan sebagai varietas unggul harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Berdaya hasil tinggi, di atas 30 ton/hektar.
- b. Berumur pendek (genjah) antara 3-4 bulan.
- c. Rasa ubi enak dan manis.
- d. Tahan terhadap hama penggerek ubi (*Cylas sp.*) dan penyakit kudis oleh cendawan *Elsinoe sp.*
- e. Kadar karoten tinggi di atas 10 mg/100 gram.
- f. Keadaan serat ubi relatif rendah

Menurut Juanda dan Cahyono (2009) berdasarkan warna umbi, ubi jalar dibedakan menjadi beberapa golongan sebagai berikut :

- a. Ubi jalar putih yakni ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna putih. Misalnya, varietas tembakur putih, varietas tembakur ungu, varietas Taiwan dan varietas MLG 12659-20P.
- b. Ubi jalar kuning, yaitu jenis ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna kuning, kuning muda atau putih kekuningan. Misalnya, varietas lapis 34, varietas South Queen 27, varietas Kawagoya, varietas Cichah 16 dan varietas Tis 5125-27.
- c. Ubi jalar orange yaitu jenis ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna jingga hingga jingga muda. Misalnya, varietas Ciceh 32, varietas Mendut dan varietas Tis 3290-3.

- d. Ubi jalar ungu yakni ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna ungu hingga ungu muda misalnya varietas Ayamurasaki dan Yamagawamurasaki serta klon MSU 01022 – 12, Klon MSU 03028 -10, RIS 03063 05.

2. Ubi Jalar Ungu Ayamurasaki

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) varietas Ayamurasaki biasa disebut *Ipomoea batatas blackie* karena memiliki kulit dan daging umbi yang berwarna ungu kehitaman (ungu pekat). Ubi jalar ungu Ayamurasaki merupakan jenis ubi jalar ungu yang ditanam di Jepang dan memiliki kandungan antosianin yang tinggi (Yamakawa *et al.*, 1998). Ubi jalar ungu dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami karena sifat antosianinnya lebih stabil dengan kandungan yang lebih tinggi (Kano *et al.*, 2005). Beberapa industri pewarna dan minuman beralkohol telah menggunakan ubi jalar ungu Ayamurasaki sebagai bahan baku penghasil antosianin.

Ubi jalar ungu juga memiliki efek fungsional bagi tubuh, yaitu sebagai antioksidan, antikanker, antibakteri, perlindungan terhadap kerusakan hati, pencegah penyakit jantung dan *stroke*. Kandungan selenium dan iodin ubi jalar ungu dua puluh kali lebih tinggi dari ubi jalar jenis lainnya. Aktivitas antibakteri dan antioksidan ubi jalar ungu sekitar 3.2 kali dan 2.5 kali lebih tinggi dari pada beberapa varietas blueberi. Ubi jalar ungu juga membantu dalam memperlancar peredaran darah (Kano *et al.*, 2005). Ubi jalar ungu mengandung vitamin

A,B1,B2,C dan E, mineral (kalsium, kalium, magnesium, tembaga, seng) dan serat pangan.

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi. Menurut Murtiningsih dan Suyanti (2011) nilai indeks glikemik ubi jalar ungu tergolong rendah yaitu sebesar 51, sehingga apabila dikonsumsi tidak akan menaikkan kadar gula darah secara drastis. Sebaliknya beras dan jagung mengandung nilai Indeks Glikemik tinggi, sehingga dapat menaikkan gula darah dengan cepat. Karena itu, ubi jalar sangat baik jika dikonsumsi penderita diabetes.

Beberapa tahun terakhir para peneliti telah mengembangkan budidaya ubi jalar ungu. Salah satu keunggulan ubi jalar berdaging ungu adalah kandungan antosianin yang tinggi, sehingga mempunyai potensi menyehatkan (Suda *et al.*, 2003. Zhang *et al.*, 2009, Hagiwara *et al.*, 2002). Total kandungan antosianin ubi jalar varietas Ayamurasaki bervariasi pada setiap tanaman, yaitu berkisar antara 20 mg/100 g sampai 924 mg/100 g berat basah (Widjanarko, 2008). Pigmen ubi jalar ungu lebih stabil dibanding antosianin dari sumber lain, seperti kubis merah, eldeberi, dan jagung merah (Kano *et al.*, 2005). Kandungan kimia ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki disajikan pada Tabel. 1.

Berkembangnya industri pengolahan pangan akan memacu penggunaan pewarna sintetis yang tidak aman untuk konsumsi karena mengandung logam berat (timah, besi dan aluminium) yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk itu diperlukan pencarian alternatif pewarna alami. Ubi jalar ungu dikembangkan di berbagai negara seiring dengan peningkatan permintaan terhadap ubi jalar kaya antosianin

untuk bahan baku industri pangan sebagai makanan yang sehat juga sebagai pewarna alami.

Tabel. 1. Kandungan kimia ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki

Komposisi	Jumlah
Kadar Air (% bb)	67,77
Kadar Abu (% bk)	3,28
Kadar Pati (%bk)	55,27
Gula Reduksi (%bk)	1,79
Kadar Lemak (%bk)	0,43
Kadar Antosianin (mg/100g)	923,65
Aktivitas Antioksidan (%)	61,24

Sumber : Widjanarko (2008)

B. Tepung Ubi Jalar Ungu

Salah satu potensi pengembangan ubi jalar adalah dengan mengolah ubi jalar menjadi tepung. Proses pembuatan tepung cukup sederhana dan dapat dilakukan dalam skala rumah tangga maupun industri kecil. Pembuatan tepung ubi jalar meliputi pembersihan, pengupasan, pamarutan (pengirisan), dan pengeringan sampai kadar air tertentu. Pengolahan ubi jalar ungu dalam bentuk tepung merupakan salah satu upaya pengawetan ubi jalar. Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tepung mempunyai banyak keuntungan antara lain yaitu tahan lama, fleksibel, dan dapat diperoleh sepanjang tahun (Yadav *et al.*, 2007). Tepung ubi jalar memiliki

prospek cukup potensial dalam kegiatan agroindustri sebagai upaya peningkatan nilai tambah. Tepung ubi jalar dapat digunakan untuk bahan baku produk industri pangan seperti roti, cake, biskuit dan mie dengan tujuan mensubstitusi penggunaan terigu.

Dalam pembuatan tepung dari satu ton ubi jalar segar dapat diperoleh 200-260 kg tepung ubi jalar murni. Rendemen tepung ubi jalar dapat mencapai 20-30% tergantung pada varietas ubi jalar (Heriyanto *et al.*, 1999). Besarnya rendemen tepung yang dihasilkan dari ubi jalar segar dapat diketahui dari kadar bahan keringnya. Semakin tinggi kadar bahan kering ubi jalar, maka semakin tinggi pula rendemen tepung yang dihasilkan. Besarnya kadar bahan kering tergantung pada varietas/klon, lingkungan (radiasi sinar matahari, suhu, pemupukan, kelembaban tanah) dan umur tanaman (Bradbury dan Holloway, 1988). Komposisi kimia tepung ubi jalar dapat dilihat pada Tabel. 2.

Tabel. 2. Komposisi kimia tepung ubi jalar ungu

Komponen	Jumlah
Air (%)	7,00
Protein (%)	2,13
Lemak (%)	0,50
Karbohidrat (%)	85,26
Abu (%)	2,13
Kalori (kal/100 gram)	366,89

Sumber: Antarlina dan Utomo (1999).

Masalah utama yang dihadapi dalam pembuatan tepung ubi jalar ungu adalah terjadinya reaksi pencoklatan, yaitu warna ubi ungu akan menjadi kusam karena reaksi pencoklatan enzimatis yang disebabkan oleh enzim fenolase. Untuk menghambat reaksi pencoklatan enzimatis, maka ubi ungu perlu dikukus untuk merusak struktur enzim fenolase, sehingga reaksi pencoklatan enzimatis pada ubi ungu dapat dihambat (Richana, 2009). Menurut Kadarisman dan Sulaeman (1993), kandungan gula yang tinggi pada ubi jalar dapat menyebabkan reaksi pencoklatan. Oleh karena itu pemanasan bertahap pada pemanas berputar sebelum dikeringkan *ke cabinet dryer* dilakukan untuk mengurangi reaksi pencoklatan.

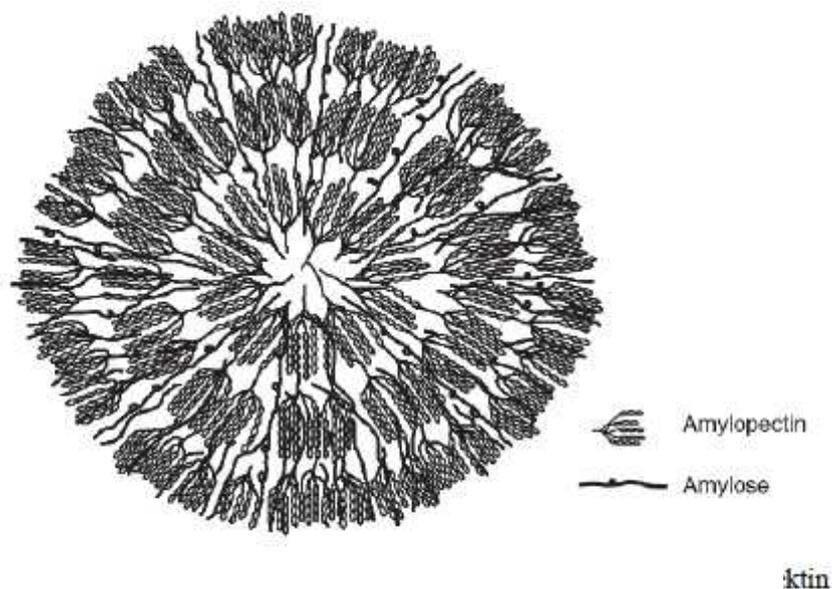
Keunikan tepung ubi jalar adalah warnanya produk yang beraneka ragam, mengikuti warna daging umbi bahan bakunya. Proses yang tepat dapat menghasilkan tepung dengan warna yang sesuai warna umbi bahannya. Sebaliknya proses yang kurang tepat akan menurunkan mutu tepung, sebagian besar tepung ubi jalar adalah pati (Antarlina dan Utomo, 1999).

C. Pati

Pati merupakan zat makanan yang sangat penting bagi tubuh. Pati merupakan sumber utama karbohidrat dalam pangan. Pati adalah bentuk penting polisakarida yang tersimpan dalam jaringan tanaman, berupa granula dalam kloroplas daun serta dalam amiloplas pada biji dan umbi (Sajilata *et al.*, 2006). Ukuran dan bentuk granula pati dipengaruhi oleh jenis tumbuhan asal dari granula pati

tersebut. Struktur granula pati berbentuk sedemikian rupa sehingga terlihat melingkar. Bentuk granula pati dapat dilihat pada Gambar.1.

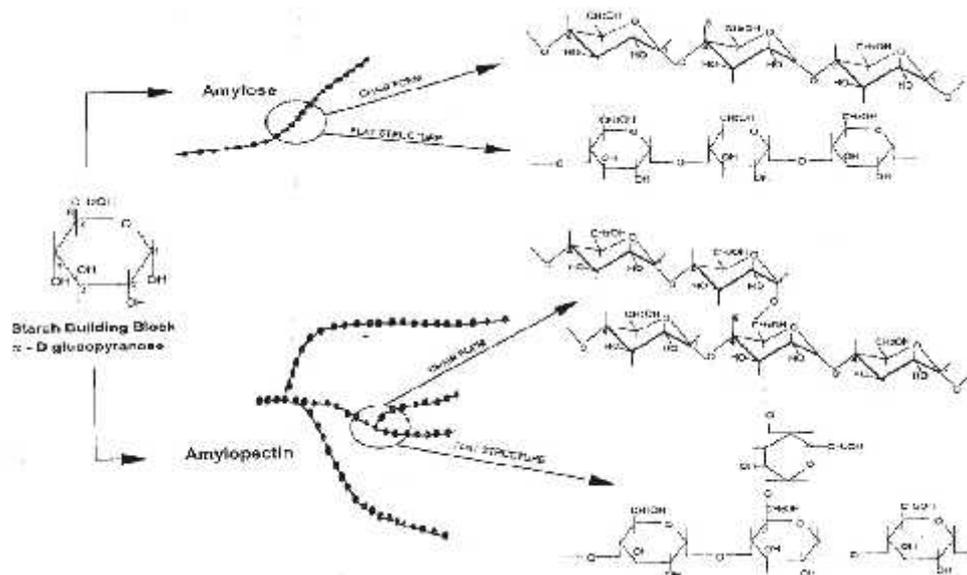
Pati adalah salah satu bahan penyusun yang paling banyak terdapat di alam, yang merupakan karbohidrat cadangan pangan pada tanaman. Sebagian besar pati di simpan dalam umbi (ubi kayu, ubi jalar, kentang, dll), biji (jagung, padi, gandum), batang (sagu) dan buah. Pati merupakan suatu karbohidrat yang tersusun atas atom-atom karbon, hidrogen dan oksigen dengan perbandingan : 6:10:5 ($C_6H_{10}O_5$)_n. Pati merupakan polimer kondensasi dari suatu glukosa yang tersusun dari unit-unit anhidroglukosa. Unit-unit glukosa terikat satu dengan lainnya melalui C1 Oksigen yang dikenal sebagai ikatan glikosida (Swinkels, 1985).



Gambar.1. Skema penyusunan granula pati dari amilosa dan amilopektin

Pati banyak digunakan di dalam industri makanan, dan keberadaannya sangat penting dalam suatu struktur zat pangan. Pati merupakan jenis karbohidrat yang terutama dihasilkan oleh tanaman. Pati tersusun dari dua makromolekul polisakarida, yaitu amilosa dan amilopektin, yang keduanya tersimpan dalam bentuk butiran yang disebut granula pati. Amilosa tersusun dari molekul-molekul glukosa yang diikat dengan ikatan glikosidik α -1,4 yang membentuk struktur linear, sedangkan amilopektin di samping disusun oleh struktur utama linear juga memiliki struktur yang bercabang-cabang, di mana titik-titik percabangannya diikat dengan ikatan glikosidik α -1,6. Amilopektin memiliki struktur molekul yang lebih besar dibanding amilosa dan umumnya kandungannya di dalam granula pati lebih banyak dibanding amilosa. Kandungan amilosa dan amilopektin dan struktur granula pati berbeda-beda pada berbagai jenis sumber pati menyebabkan perbedaan sifat fungsional pati, seperti kemampuan membentuk gel dan kekentalannya (Whistler dan Daniel, 1984). Struktur kimia amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar.2.

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan glikosidik. Pati disusun oleh unit D-glukopiranososa. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Pati lebih banyak berstruktur amilopektin, yaitu 80-90%, sedangkan sisanya 10% - 20% merupakan pola amilosa. Kedua tipe tersebut dapat dipisahkan, yaitu dengan melarutkannya ke dalam air mendidih, amilosa akan mengendap sedangkan amilopektin membentuk koloid yang kalau dibiarkan akan menarik air dan terbentuk pasta (Hawab, 2004). Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin.

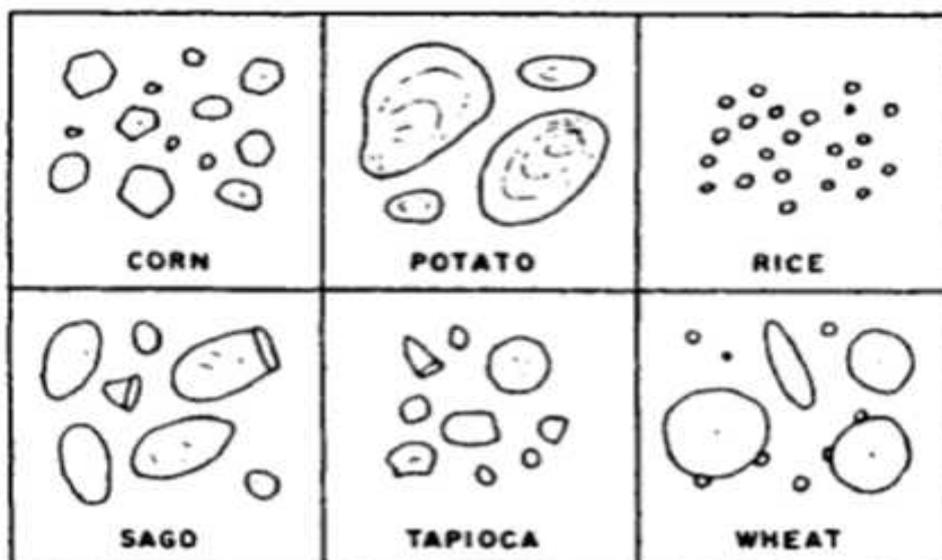


Gambar.2. Struktur amilosa dan amilopektin
Sumber : Taggart (2000)

Sifat fungsional pati yang penting adalah kemampuan mengentalkan dan membentuk gel (Rapaille dan Vanhelmerijk, 1994). Sifat pengental pati ditunjukkan dengan kemampuan pati mencapai viskositas yang tinggi. *Thickening power* dilihat dari viskositas maksimum yang mampu dibentuk oleh pati tersebut selama pemanasan (Swinkels, 1985). Pembentukan gel merupakan salah satu bukti kemampuan molekul linier (amilosa) pati terlarut untuk berasosiasi. Apabila larutan pati encer dibiarkan beberapa lama maka akan terbentuk endapan, sedangkan bila larutan pati memiliki konsentrasi tinggi maka akan terbentuk gel. Gel ini terbentuk setelah terjadi ikatan hidrogen antara grup hidroksil rantai linier yang berdekatan (Pomeranz, 1991).

1. Pati Ubi Jalar Ungu

Secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula. Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula (butiran) yang berbeda-beda. Penampakan mikroskopik dari granula pati seperti bentuk, ukuran, keseragaman, yang berbeda-beda bersifat khas untuk setiap jenis pati (Liu, 2005). Ukuran granula pati bervariasi dari 2-100 μm dan dapat berbentuk oval, bulat, atau tidak teratur. Bentuk dan ukuran granula tidak tergantung pada kandungan amilosa. Granula pati ubi jalar berdiameter 2-25 μm . Granula pati ubi jalar berbentuk poligonal dengan kandungan amilosa dan amilopektin berturut-turut adalah 20 % dan 80 % (Swinkels, 1985). Pati ubi jalar memiliki viskositas dan karakteristik lain diantara pati kentang dan pati jagung atau pati tapioka. Bentuk granula pati ubi jalar dan beberapa pati lainnya dapat dilihat pada Gambar.3.



Gambar.3. Bentuk beberapa granula pati

Kandungan pati dipengaruhi oleh umur tanaman dan lama penyimpanan setelah panen. Umur optimal ubi jalar tercapai apabila kandungan patinya maksimum dan kandungan seratnya rendah. Oleh karena itu, apabila dikehendaki kandungan patinya maksimum, ubi jalar hasil panen sebaiknya segera diolah dan tidak dilakukan penyimpanan. Toleransi penyimpanan setelah panen dapat dilakukan hingga maksimum tujuh hari (Antarlina dan Utomo, 1999). Komponen kimia yang terkandung di dalam pati ubi jalar dan beberapa jenis pati lain dapat dilihat pada Tabel. 3.

Tabel. 3. Kandungan komponen kimia beberapa jenis granula pati

Sumber Pati	Kelembaban				
	65% RH, 20°C	Lemak	Protein	Abu	Fosfor
Jagung	13	0,60	0,35	0,10	0,015
Kentang	19	0,05	0,06	0,40	0,08
Gandum	14	0,80	0,40	0,15	0,06
Singkong	13	0,10	0,10	0,20	0,01
Tepung Jagung	13	0,20	0,25	0,07	0,007
Sorghum	13	0,70	0,30	0,08	-
Beras	-	0,80	0,45	0,50	0,1
Sagu	-	0,10	0,10	0,20	0,02
Amylomaize	13	0,40	-	0,20	0,07
Ubi jalar	13	-	-	0,10	-

Sumber : Beynum dan Roels (1985)

Kadar pati di dalam ubi jalar segar sekitar 20% (Santosa *et al.*, 1997). Kualitas pati dan tepung ubi jalar tidak terlepas dari bahan baku yang bermutu termasuk ukuran

umbi. Untuk tujuan konsumsi langsung, ukuran umbi yang diperlukan mempunyai bobot 100 - 200 g per umbi (sedang sampai besar), sementara untuk tujuan industri diperlukan umbi berukuran di atas 200 g per umbi. Umbi segar ubi jalar dari varietas yang berbeda dapat menghasilkan karakteristik pasta pati yang berbeda yang mempengaruhi mutu produk turunannya. Modifikasi pati dapat dilakukan secara kimia, enzimatik dan fisik. Salah satu modifikasi secara fisik yaitu dengan cara gelatinisasi parsial.

1. Gelatinisasi Parsial

Pati alami memiliki karakteristik yang kurang disukai oleh konsumen seperti mudah mengalami *sineresis* (pemisahan air dari struktur gelynya) dan tidak tahan pada pemanasan suhu tinggi, sehingga tidak fleksibel dalam penggunaannya. Pati alami juga tidak larut dalam air yang bersuhu dingin serta tidak tahan panas. Kekurangan pati alami menyebabkan perlu dilakukan modifikasi pati terhadap struktur patinya. Tuntutan ini dipenuhi dengan memodifikasi pati asli dengan kimia, fisik, dan metode enzimatik. Menurut Glicksman (1969), pati termodifikasi adalah pati diberi perlakuan tertentu terhadap pati yang bertujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk mengubah beberapa sifat lainnya.

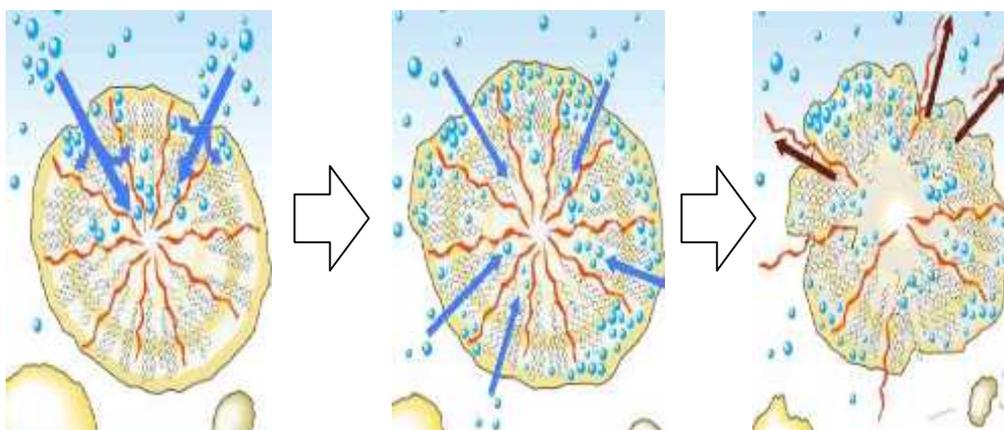
Modifikasi pati dapat dilakukan dengan penggunaan asam, enzimatik, fisik, dan bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul. Reaksi dasar modifikasi pati meliputi

pemotongan ikatan α -1,4-glukosidik pada amilosa dan α -1,6-D-glukosidik dari amilopektin, sehingga amilopektin menjadi lebih sederhana dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membentuk gel. Modifikasi pati sering dilakukan oleh beberapa industri untuk memperbaiki kualitas dari produk yang menggunakan pati sebagai bahan dasarnya, dapat memperluas penggunaannya dalam proses pengolahan pangan serta menghasilkan karakteristik produk pangan yang diinginkan.

Modifikasi pati secara fisik dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain pengeringan, ekstrusi, pemanasan, pendinginan, pemasakan maupun perlakuan fisik lainnya. Salah satu metode untuk memperbaiki karakteristik pati secara fisik adalah dengan proses gelatinisasi parsial. Proses gelatinisasi parsial dapat dilakukan dengan cara pemanasan dengan kebutuhan air yang terbatas (Chung *et al.*, 2006). Menurut Hidayat *et al.* (2009), gelatinisasi pati secara fisik dapat memperbaiki karakteristik pati yang dihasilkan yaitu kelarutan tepung, swelling power. Proses gelatinisasi parsial adalah proses modifikasi pati secara fisik menggunakan metode pemanasan pada suhu di atas titik gelatinisasi pati (Kearsley dan Dziedzic, 1995)

Amilosa dan amilopektin di dalam granula pati dihubungkan dengan ikatan hidrogen. Apabila granula pati dipanaskan di dalam air, maka energi panas akan menyebabkan ikatan hidrogen terputus, dan air masuk ke dalam granula pati. Air yang masuk selanjutnya membentuk ikatan hidrogen dengan amilosa dan amilopektin. Meresapnya air ke dalam granula menyebabkan terjadinya

pembengkakan granula pati. Ukuran granula akan meningkat sampai batas tertentu sebelum akhirnya granula pati tersebut pecah. Pecahnya granula menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar. Proses masuknya air ke dalam pati yang menyebabkan granula mengembang dan akhirnya pecah. Proses gelatinisasi dapat dilihat pada Gambar.4.



Gambar.4. Skema pati tergelatinisasi (Endrika, 2012)

Menurut Endrika (2012), mekanisme terjadinya gelatinisasi pati tahap pertama granula pati akan berinteraksi dengan air dan air masuk ke dalam granula pati. Tahap kedua air akan tertahan pada granula pati disertai dengan peningkatan suhu suspensi pati mengakibatkan pati membengkak. Tahap ketiga molekul-molekul amilosa mulai berdifusi keluar granula akibat meningkatnya aplikasi panas dan air yang berlebihan yang menyebabkan granula mengembang lebih lanjut. Pada tahap terakhir proses gelatinisasi terus berlanjut sampai amilosa berdifusi keluar, hingga dinding granula akan pecah. Proses modifikasi pati secara fisik (gelatinisasi parsial) dapat menggunakan pemanas berputar.

Menurut Brooker *et al.* (1972), pengeringan adalah proses pindah panas dari udara pengering ke bahan dan penguapan kandungan air dari bahan ke udara pengering secara simultan. Pindah panas dapat berlangsung dengan cara konveksi, konduksi, dan radiasi. Ada dua cara pengeringan yang biasa digunakan pada bahan pangan yaitu pengeringan dengan penjemuran dan pengeringan dengan alat pengering. Kandungan air bahan dikurangi sampai batas tertentu sehingga perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan sinar matahari dan dengan menggunakan mesin pemanas.

D. Pemanas Berputar

Pemanas berputar merupakan alat pengering berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku. Pemanas berputar adalah alat pemanas yang digunakan untuk memanaskan bahan dengan sistem konduksi. Medium pemanas yang biasa digunakan adalah uap, air atau cairan pemindah panas khusus bersuhu tinggi, sedangkan bahan yang ingin dikeringkan dengan alat ini berbentuk semi padat atau larutan yang partikelnya terlalu besar untuk dikeringkan (Fellows, 2009). Pada prinsipnya bahan yang akan dikeringkan tersebut dituang di atas permukaan pemanas yang dipanaskan menggunakan uap panas sehingga suhunya dapat mencapai sekitar 170°C. Uap panas mentransfer panas melalui dinding metal drum, kemudian mengeringkan bahan yang melekat pada permukaan drum (Okos *et al.*, 1992).

Pemanasan berputar pada prinsipnya merubah struktur pati, menjadi polimer yang lebih pendek rantainya dan meningkatkan amilopektin berantai pendek dalam proporsi yang lebih banyak. Selama proses pemanasan, amilosa dan amilopektin yang terdapat pada bagian amorf pati akan terfragmentasi dan tergelatinisasi sebagian. Tujuan utama dari pemanasan ini adalah memecah struktur granula pati, sehingga meningkatkan daya larut (*solubility*) produk dan penyerapan air (*water absorption*) dalam air dingin pada pasta dari pati (Supprung dan Noomhorn, 2003).

Pemanas berputar dilaporkan mempunyai fleksibilitas yang lebih tinggi, bahan yang dipanaskan dapat menyentuh permukaan pemanas yang lebih luas, dan tidak memerlukan perawatan yang rumit. Pembuatan tepung ubi jalar ungu termodifikasi secara fisik dengan menggunakan pemanasan berputar merupakan salah satu pilihan yang tepat karena di samping dapat mendegradasi dan/atau menggelatinisasi sebagian pati, sehingga menyebabkan perubahan sifat fungsional seperti viscositas, kelarutan dalam air, *swelling power*, daya tahan terhadap panas, gesekan akibat pengadukan (*shear*), dan ketahanan terhadap kondisi asam, juga diharapkan dapat mempertahankan kandungan antosianin dan kapasitas antioksidan dari tepung modifikasi yang dihasilkan. Selain itu biaya murah dan mudah dilaksanakan untuk industri skala rumah tangga.

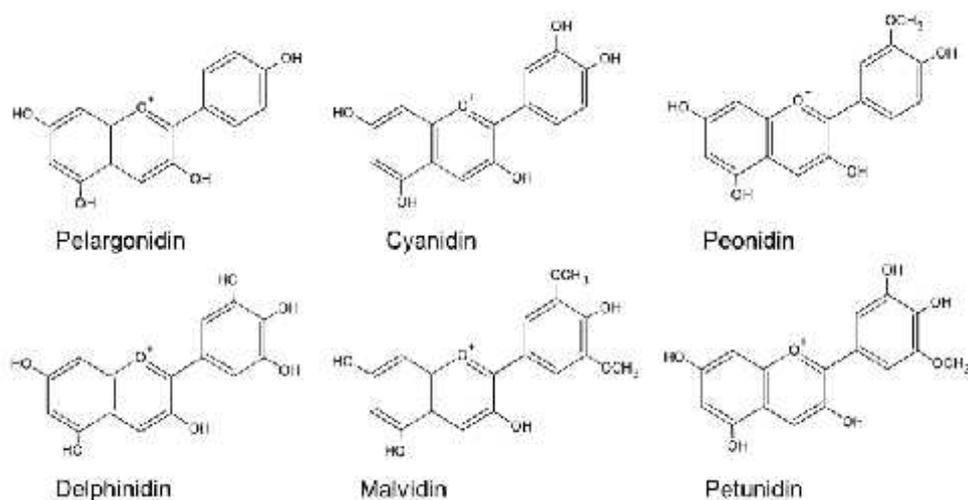
E. Antosianin.

Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang banyak ditemukan pada pangan nabati berwarna merah, ungu, merah gelap seperti pada beberapa buah, sayur, maupun umbi (Schewartz *et al.*, 2007), yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Antosianin mempunyai kapasitas sebagai antioksidan karena reaktifitasnya yang tinggi sebagai pendonor hidrogen atau elektron, dan kemampuan radikal turunan polifenol untuk menstabilkan dan mendelokalisasi elektron yang tidak berpasangan, serta kemampuannya mengkelat ion logam (terminasi reaksi Fenton)

Antosianin memiliki lima subkelas, yaitu peralgonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, malvidin, dan Petunidin (Rein, 2005). Antosianin merupakan pigmen larut air yang menyebabkan warna merah, ungu, dan biru pada tanaman. Umumnya senyawa flavonoid berfungsi sebagai antioksidan primer, pengkelat dan penangkal terhadap superoksida anion. Struktur dasar antosianin disajikan pada Gambar.5 dan antosianidin yang umum terdapat pada bahan pangan ditunjukkan Gambar.6. Sebagian besar antosianin terdapat dalam bentuk terasetilasi dan memiliki (stabilitas yang tinggi terhadap pH dan panas (Terahara dan Matsui, 2008; Kano *et al.*, 2005).



Gambar.5. Struktur kimia dasar dari antosianin
Sumber : Fenema (1996)



Gambar.6. Antosianidin yang umum ada di bahan pangan
Sumber : Rein (2005)

Menurut Ferlina (2009), antosianin ubi jalar ungu memiliki fungsi fisiologis sebagai antioksidan, antikanker, antibakteri, perlindungan terhadap kerusakan hati, penyakit jantung dan stroke. Ubi jalar ungu memiliki aktivitas antioksidan 2,5 kali dan antibakteri dan 3,2 kali lebih tinggi daripada beberapa varietas *blueberry*. Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain. Pigmennya lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari sumber

lain seperti kubis merah, *blueberries* dan jagung merah (Kumalaningsih, 2006). Beberapa industri pewarna dan minuman berkarbonat telah menggunakan ubi jalar ungu sebagai bahan mentah penghasil antosianin dan juga baik untuk mendorong kelancaran peredaran darah. (Kumalaningsih, 2006).

Kadar antosianin juga bisa menentukan warna dari tepung ubi jalar ungu. Stabilitas antosianin ini dipengaruhi adanya proses awal yaitu pencucian, pemanasan, maupun pengeringan (Patras *et al.*, 2010). Menurut Winarno (1981) Antosianin tergolong pigmen yang disebut flavonoid yang pada umumnya larut dalam air. Sewaktu pemanasan dalam asam mineral pekat, antosianin pecah menjadi antosianin dan gula. Konsentrasi pigmen juga sangat berperan dalam menentukan warna.

1. Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa atau molekul yang dapat mencegah terjadinya proses oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas. Tubuh manusia sebenarnya dapat menghasilkan antioksidan tapi jumlahnya tidak mencukupi untuk menetralkan radikal bebas yang jumlahnya semakin menumpuk di dalam tubuh. Oleh karena itu, tubuh memerlukan antioksidan dari luar berupa makanan atau suplemen (Yanita 2011). Menurut Kumalaningsih (2006) antioksidan adalah senyawa yang mempunyai struktur molekul yang dapat memberikan elektronnya kepada molekul radikal bebas dan dapat memutus reaksi berantai dari radikal bebas.

Menurut Ardiansyah (2007), sumber-sumber antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu antioksidan sintetis (antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis reaksi kimia) dan antioksidan alami (antioksidan hasil ekstraksi bahan alami). Antioksidan alami dalam makanan dapat berasal dari (a) senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan, (b) senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan, (c) senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke dalam makanan sebagai bahan tambahan pangan.

Berdasarkan sumbernya, antioksidan terbagi menjadi antioksidan alami dan antioksidan buatan. Antioksidan buatan merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis reaksi kimia. Antioksidan sintetis seperti BHA (*Butil Hidroksi Anisol*), BHT (*Butil Hidroksi Toluena*), PG (*Propil Galat*), dan TBHQ (*tert-butil Hidrokinon*) dapat meningkatkan terjadinya *karsinogenesis* (Amarowicz *et al.*, 2000). Oleh karena itu industri makanan dan obat-obatan beralih mengembangkan antioksidan alami dan mencari sumber-sumber antioksidan alami baru (Takashi dan Takayumi, 1997). Salah satu bahan alam yang mengandung antioksidan yaitu ubi jalar merupakan makanan yang kaya akan serat alami, mineral-mineral, vitamin dan antioksidan seperti asam fenolat, antosianin, tokoferol (vitamin E) dan beta karoten (Wholfe, 1993). Penggunaan antioksidan alami mengalami peningkatan. Menurut Karyadi (2006), contoh antioksidan alami adalah vitamin E, vitamin C, β -karoten, bilirubin, dan albumin. Contoh lain antioksidan alami adalah antosianin. Antosianin terdapat pada berbagai tumbuhan pada bunga atau buah yang berwarna merah, biru atau ungu.

Antioksidan alami mampu melindungi tubuh terhadap kerusakan yang disebabkan spesies oksigen reaktif, mampu menghambat terjadinya penyakit degeneratif serta mampu menghambat peroksidasi lipid pada makanan. Antioksidan alami umumnya mempunyai gugus hidroksi dalam struktur molekulnya (Sunarni, 2005). Senyawa antioksidan alami pada umumnya berupa vitamin C, vitamin E, karotenoid, senyawa fenolik, dan polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kuomarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Golongan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan meliputi flavon, flavonol, isoflavon, katekin, flavonol, dan kalkon.

Kapasitas antioksidan menggambarkan kemampuan suatu senyawa yang mengandung antioksidan untuk menghambat laju reaksi pembentukan radikal bebas. Eksplorasi bahan-bahan alam terutama senyawa bioaktif yang terdapat pada tumbuh-tumbuhan dan mikroorganisme yang hidup di darat maupun di air secara terus menerus diteliti untuk mendapatkan senyawa antioksidan yang berfungsi untuk menjaga kesehatan tubuh manusia (Shahidi, 1997 ; Prakash, 2001).

Pengukuran kapasitas antioksidan diukur dengan aktivitas penangkapan radikal dengan metoda DPPH. DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*) adalah suatu radikal bebas stabil yang dapat bereaksi dengan radikal lain membentuk suatu senyawa yang stabil. Selain itu DPPH juga dapat bereaksi dengan atom hidrogen (berasal dari suatu antioksidan) membentuk DPPH tereduksi (DPP Hidrazin) yang stabil (Molyneux, 2004).

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan prinsip spektrofotometri. Senyawa DPPH (dalam metanol) berwarna ungu tua (*deep violet*) terdeteksi pada panjang gelombang sinar tampak sekitar 520 nm. Menurut Molyneux (2004), suatu senyawa dapat dikatakan memiliki aktivitas antioksidan apabila senyawa tersebut mampu mendonorkan atom hidrogennya untuk berikatan dengan DPPH membentuk DPP Hidrazin, ditandai dengan semakin hilangnya warna ungu (menjadi kuning pucat).

F. Tingkat Hidrolisis Pati Dengan Enzim - Amilase

Karbohidrat dapat dibedakan menjadi karbohidrat yang dapat dicerna (*digestable carbohydrate*) dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna (*nondigestable carbohydrate*). Karbohidrat yang dapat dicerna adalah karbohidrat yang dapat dihidrolisis oleh enzim -amilase menjadi monosakarida di dalam sistem pencernaan manusia yang akan diserap oleh tubuh dan menyediakan energi untuk proses metabolisme. Salah satu karbohidrat yang dapat dicerna adalah pati (polisakarida). Sementara itu, karbohidrat yang tidak dapat dicerna adalah karbohidrat yang tidak dipecah oleh enzim -amilase yang terdapat di dalam tubuh manusia. Serat pangan (*dietary fiber*) dan pati resisten (*resistant starch*) merupakan contoh dari karbohidrat yang tidak dapat dicerna.

Pati dapat dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil yaitu dengan memotong ikatan-ikatannya glikosidiknya. Salah satu enzim yang dapat memotong ikatan tersebut adalah enzim -amilase. Enzim -amilase (- 1,4 glukanhidrolase atau

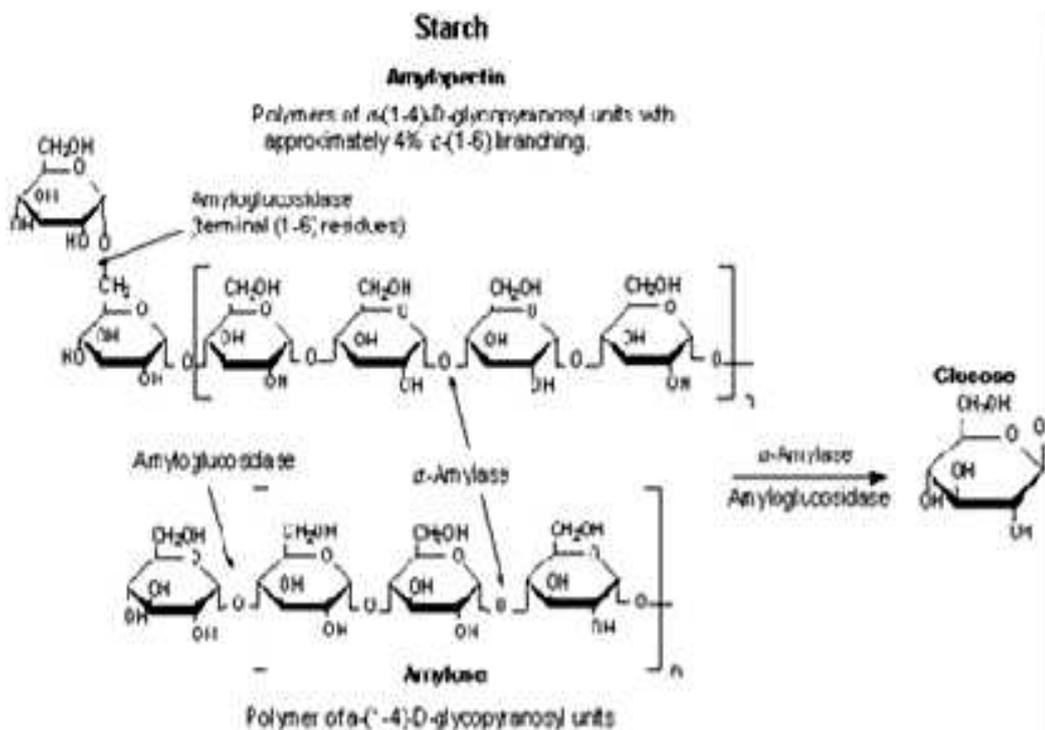
Tingkat hidrolisis pati adalah tingkat kemudahan suatu jenis pati untuk dapat dihidrolisis oleh enzim pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih sederhana. Pati murni diasumsikan dapat dicerna dengan sempurna dalam saluran pencernaan. Reaksi hidrolisa berlangsung lambat sehingga untuk mempercepat reaksi perlu menggunakan katalisator. Pada hidrolisa pati, katalisator yang biasa dipakai adalah katalis asam dan katalis enzim (Sherman, 1962). Enzim adalah zat organik yang dihasilkan oleh sel hidup baik tanaman, hewan maupun mikroorganisme. Effisiensi enzim sangat besar, satu bagian enzim amilase dapat menghidrolisis 20.000 bagian pati dan membentuk 10.000 bagian maltosa (Sherman, 1962).

Amilase merupakan enzim yang memecah pati atau glikogen, senyawa ini banyak terdapat dalam hasil tanaman dan hewan. Amilase dapat dibedakan menjadi 3 golongan enzim :

- a. - Amilase yaitu enzim yang memecah pati secara acak dari tengah atau bagian dalam molekul.
- b. - Amilase yaitu enzim yang memecah unit-unit gula dari molekul pati.
- c. Glukoamilase yaitu enzim yang dapat memisahkan glukosa dari terminal gula non pereduksi substrat.

Enzim α -amylase akan memotong ikatan amilosa dengan cepat pada pati kental yang telah mengalami gelatinisasi. Kemudian enzim glukoamilase akan menguraikan pati secara sempurna menjadi glukosa pada tahap sakarifikasi. Reaksi kimia hidrolisis pati menjadi glukosa dapat dilihat pada Gambar.7.

Enzim α -amilase adalah salah satu enzim pemecah pati, Enzim α -amilase menghidrolisis ikatan α -1,4 glikosida baik pada amilosa maupun amilopektin secara acak. Karena pengaruh aktifitasnya, pati terputus-putus menjadi dekstrin dengan rantai sepanjang 6-10 unit glukosa. Jika waktu reaksi diperpanjang, dekstrin tersebut dapat dipotong-potong lagi menjadi campuran antara glukosa, maltosa, dan ikatan lain yang lebih panjang.



Gambar.7. Reaksi kimia hidrolisis pati menjadi glukosa

Hidrolisis enzim α -amilase pada amilosa melalui dua tahap. Tahap pertama, yaitu degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi dengan sangat cepat dan diikuti oleh penurunan viskositas dengan cepat pula. Tahap kedua, yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai

akhir secara tidak acak dan berjalan lebih lambat (Winarno, 1983). Kerja -amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa dan oligosakarida (Winarno, 1983). Dalam hidrolisa pati, -amilase menghasilkan dekstrin yang merupakan substrat untuk tahap selanjutnya, yaitu bagi enzim glukoamilase, sehingga dengan mudah enzim ini mengkatalisis hidrolisa untuk menghasilkan glukosa.

Menurut Sajilata (2006) pati dikelompokkan menjadi pati yang dapat dicerna dengan cepat atau *rapid digestible starch* (RDS), dan pati yang memiliki daya cerna lambat atau *slowly digestible starch* (SDS), dan pati resisten (resistant starch atau RS). RDS merupakan fraksi pati yang menyebabkan terjadinya kenaikan glukosa darah setelah makanan masuk ke dalam saluran pencernaan, contoh RDS yaitu beras dan kentang yang telah dimasak serta beberapa sereal instan siap saji. Sedangkan SDS adalah fraksi pati yang dicerna sempurna dalam usus halus dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan RDS, contoh SDS adalah pati sereal, produk pasta, dan RS, yaitu pati yang sulit dicerna di dalam usus halus (Englyst *et al.*, 1992)

Dalam pengujian tingkat hidrolisis enzimatis dengan mengadopsi metode Dubois *et al.* (1956), pati atau sumber karbohidrat dihidrolisis oleh enzim alfa amilase pada suhu 37 ° C dan pH 7.0 selama 30 menit menyerupai kondisi dalam tubuh. Maltosa hasil hidrolisis pati kemudian diukur jumlahnya menggunakan spektrofotometer setelah direaksikan dengan asam dinitrosalisilat, sehingga dapat diukur pada 520 nm. Kadar maltosa diukur dengan menggunakan kurva standar

maltosa murni. Semakin banyak maltosa yang dihasilkan menunjukkan semakin banyak pati yang dapat dihidrolisis.