

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ganyong

Tanaman ganyong (*Canna edulis* Kerr) termasuk famili *Cannaceae*, genus *Canna* dari kelompok ubi-ubian potensial. Tumbuhan ini berbentuk herba berumpun dan bersifat *perennial* (Segeren dan Maas, 1971). Pada bagian batang, daun, dan kelopak bunga sedikit berlilin. Tanaman ganyong berumbi, bagian tengah umbi lebih tebal yang dikelilingi sisik berwarna ungu kecoklatan dengan akar serabut tebal (Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2002). Biasanya tanaman ganyong tumbuh liar di tegalan sebagai tanaman sela. Ganyong toleran di tanah yang lembab dan naungan serta dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi pada ketinggian 2.500 mdpl (Sastrapraja dkk, 1977). Ganyong berasal dari Amerika Selatan, yang dibawa oleh bangsa Portugis ke beberapa wilayah dan saat ini telah tersebar di Asia, Australia, dan Afrika (Widyastuti dkk., 2000). Di Indonesia, ganyong dapat ditemukan dari Sabang sampai Merauke, terutama di Pulau Jawa, Bali, Jambi, dan Lampung (Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2002).

Nama lokal ganyong antara lain laos jambe; lumbong, nyindro, senitra, laos mekah, buah tasbeh, midro (Jawa) dan ubi pikul (Sumatera), di Madura ganyong disebut banyar dan manyor. Selama ini masyarakat lebih mengenal genus *Canna* sebagai tanaman hias yang banyak dijumpai di halaman rumah atau taman-taman kota. Genus *Canna* yang tergolong sebagai tanaman hias antara lain *Canna coccinae*, *C. indica*, *C. humilis*, *C. Limbata*, *C. lutea*, *C. glauca*, *C. discolor*, *Canna orientalisroscoe*, *C. hibrida*, *C. iridiflora*, *C. nepalensis*, *C. warscewiczii* (Segeren dan Maas, 1971; Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2002), sedangkan jenis *Canna* yang dapat dimakan ialah *Canna edulis* Ker. atau ganyong. Tanaman *Canna* hias memiliki bunga yang lebih besar dibandingkan dengan *Canna* yang diambil umbinya. Dari spesies-spesies tersebut warna bunga terdiri atas merah, kuning, dan orange. Klasifikasi ganyong dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Ganyong

| | |
|----------|-------------------------|
| Kingdom | <i>Plantae</i> |
| Divisi | <i>Spermatophyta</i> |
| Subdivis | <i>Angiospermae</i> |
| Kelas | <i>Monocotyledonae</i> |
| Ordo | <i>Zingiberales</i> |
| Famili | <i>Cannaceae</i> |
| Genus | <i>Canna</i> |
| Spesies | <i>Canna edulis Ker</i> |

Sumber : Rukmana (2000)



Gambar 2.1 Tanaman Ganyong (*Canna edulis Ker*)



Gambar 2.2 Umbi Ganyong Putih (*Canna edulis Ker*)

Tanaman ganyong merupakan tanaman asli Amerika Selatan, namun kini tanaman ganyong populer dibudidayakan di Vietnam, Cina, dan bahkan Indonesia. Varietas ganyong yang dibudidayakan di Indonesia ada dua macam yaitu ganyong merah dan ganyong putih. Perbedaan antara kedua varietas tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Perbedaan ganyong merah dan ganyong putih

| Perbedaan | Ganyong Merah | Ganyong Putih |
|---------------------------------|--|---|
| Warna batang, daun, dan pelepah | Merah atau ungu | Hijau dan sisik umbi kecokelatan |
| Ukuran batang | Lebih besar dan tinggi | Lebih kecil dan pendek |
| Ketahanan | Agak tahan terhadap sinar, tidak tahan terhadap kekeringan | Tahan terhadap sinar, tahan terhadap kekeringan |
| Menghasilkan biji | Sulit | Selalu |
| Kegunaan umbi | Dimakan segar | Diambil patinya |

Sumber : Lingga (1986)

Pada penelitian ini menggunakan umbi ganyong merah.

Umbi ganyong merah memiliki tingi rata-rata 75 cm (kisaran 60-102 cm). Terdapat lima aksesi ganyong merah dengan tinggi tanaman >90 cm, yaitu aksesi 15,16, 682, 686, dan 687 serta 14 aksesi dengan tinggi tanaman <70 cm. Tanaman ganyong mulai berbunga pada umur 91-97 hari.

Ganyong dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah maupun tinggi serta tahan terhadap berbagai penyakit. Satu hektar lahan bisa menghasilkan ganyong sebanyak 30-60 ton. Jumlah hasil panen ganyong berubah-ubah atau sangat tergantung pada perawatan tanaman, dan jenis tanah. Tanaman ganyong tumbuh dari rhizoma yang dapat dipanen setelah 4 bulan penanaman, tetapi pemanenan setelah 8 bulan akan memberikan produktivitas yang tinggi karena rhizoma mengalami perbesaran maksimum.

Menurut Lingga (1986), umbi ganyong merupakan rhizoma yang merupakan batang yang tinggal di dalam tanah. Umbi ganyong tumbuh dalam satu rumpun dan pada rhizomanya terdapat buku-buku yang jelas. Panjang rumpun umbi dapat mencapai 60 cm, biasanya panjang umbi 10-15 cm dengan diameternya 5-8,75 cm. Bagian tengah umbi biasanya tebal dengan kedua ujung dan pangkalnya menyempit dan di bagian permukaan luar umbi tumbuh berkas-

berkas sisik dan akar-akar serabut yang tebal. Bentuk umbi tidak selalu sama, demikian pula komposisi kimianya (Lingga, 1986).

Menurut Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian (2013), produktivitas ganyong pada tahun 2011 mencapai 70 kw/ha dan melalui beberapa kegiatan pengembangan ganyong yang dilakukan produktivitas ganyong mencapai 170 kw/ha. Masyarakat Indonesia memanfaatkan ganyong dengan cara direbus dan dibuat kerupuk. Selain itu, umbi ganyong tua dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber pati dan umbi muda dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sayur atau dikukus dan bagian tajuknya untuk pakan ternak (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, 2010). Namun, saat ini juga telah dilakukan pemanfaatan tepung umbi ganyong (*Canna edulis* Kerr) sebagai pengganti tepung terigu dalam pembuatan biskuit tinggi energi protein dengan penambahan tepung kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) (Riskiani dkk, 2014). Ganyong juga dapat dimanfaatkan sebagai *edible coating* pada penyimpanan buah apel dengan konsentrasi 1%. Bagian pada tanaman ganyong yang biasa digunakan oleh masyarakat adalah umbi ganyong. Hal ini disebabkan karena umbi ganyong mengandung pati sebesar 93,30 % (Harmayani dkk., 2011). Kandungan pati umbi ganyong tidak mencapai 100 % karena pati yang diperoleh dari ekstraksi umbi ganyong masih mengandung komponen lain seperti serat, gula, lemak, protein, dan mineral lainnya.

Selain sebagai bahan pangan ganyong mempunyai kegunaan sampingan, misalnya diambil daun atau batangnya untuk makanan ternak. Hasil sampingan dari pembuatan tepung ganyong dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau kompos. Ganyong dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah dan bensin karena memiliki kandungan pati dan gula yang cukup tinggi (Koswara, 2018). Pati ganyong memiliki karakter lengket, kenyal menyerupai lem apabila umbi ganyong melalui proses rebus. Pati ganyong memiliki kadar amilosa sebesar 42,40%. Tingginya kadar amilosa merupakan keunggulan dari pati ganyong, karena kadar amilosa mempunyai kemampuan membentuk gel dan cocok untuk menghasilkan produk yang dikehendaki kenyal (Harmayani, E., Murdiati A., Griyaningsih, 2011).

Umbi ganyong sangat baik digunakan sebagai sumber karbohidrat untuk penyediaan energi. Hal ini dapat dilihat dari komposisi kimia umbi ganyong pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan gizi dalam 100 g umbi ganyong

| Komponen | Satuan | Jumlah |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Kalori | Kal | 95 |
| Protein | Gram | 1,0 |
| Lemak | Gram | 0,1 |
| Karbohidrat | Gram | 22,6 |
| Kalsium | Mg | 21 |
| Fosfor | Mg | 70 |
| Besi | Mg | 20 |
| Vitamin B1 | Mg | 100 |
| Vitamin C | Mg | 10 |
| Air | Gram | 75 |
| Bahan yang dapat dimakan | % | 65 |

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1981).

Ganyong banyak mengandung serat dan zat besi yang lebih tinggi dari umbi kentang. Kadar protein dan karbohidrat umbi ganyong dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kesuburan tanah, iklim, umur panen, dan varietas tanaman. Umbi ganyong mengandung kalsium, fosfor, dan besi. Di dalam tubuh, kalsium berfungsi sebagai bahan pembentuk tulang dan gigi serta dalam proses pembekuan darah. Fosfor merupakan bagian penting inti sel dan mengatur pH darah sedangkan besi berfungsi sebagai pembentuk hemoglobin bagi tubuh.

2.2. Pati

Karbohidrat atau sakarida adalah golongan besar senyawa organik yang tersusun hanya dari atom karbon, hidrogen dan oksigen. Bentuk molekul karbohidrat paling sederhana tersusun dari satu molekul gula sederhana. Pada umumnya karbohidrat yang terdapat di alam merupakan polimer yang tersusun dari molekul gula yang terangkai menjadi rantai yang panjang serta bercabang. Karbohidrat menurut ukuran molekulnya dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

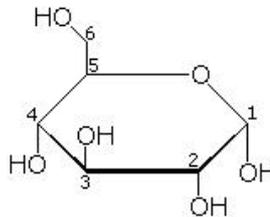
2.2.1. Monosakarida

Monosakarida merupakan karbohidrat yang mempunyai molekul paling sederhana dibandingkan dengan molekul karbohidrat lain. Molekul karbohidrat ini tidak dapat dihidrolisis dan merupakan suatu persenyawaan netral dan mudah

larut dalam air, sukar larut dalam alkohol dan tidak larut dalam eter (Winarno, 1995). Gula monosakarida yang umumnya terdapat dalam pangan mengandung 6 atom karbon yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Tiga senyawa gula yang paling penting dalam monosakarida ialah :

a) Glukosa

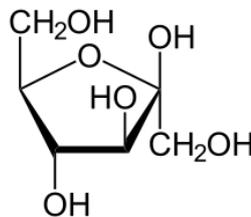
Glukosa adalah suatu aldosa, aldoheksa / dektrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan (Fessenden, 1995). Glukosa terdapat dalam jumlah yang bervariasi dalam sayuran dan buah-buahan (Winarno, 1995). Struktur molekul glukosa dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Glukosa

b) Fruktosa

Fruktosa merupakan suatu karbon heksosa yang mempunyai sifat memutar cahaya terpolarisasi ke kiri. Fruktosa ini didapatkan bersama-sama dengan glukosa dalam berbagai bentuk buah-buahan dan madu (Winarno, 1995). Struktur molekul fruktosa dapat dilihat pada gambar 2.4.

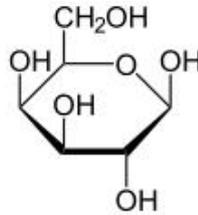


Gambar 2.4 Struktur Fruktosa

c) Galaktosa

Galaktosa jarang terdapat di alam bebas. Pada umumnya berikatan dengan glukosa dalam bentuk laktosa, yaitu gula yang terdapat dalam susu (Fessenden, 1995). Gula ini secara kimiawi mirip glukosa. Didalam makanan

senyawa ini tidak terdapat seperti apa adanya tetapi dapat menghasilkan laktosa jika sebuah sakarida dipecah dalam pencernaan (winarno, 1995). Struktur molekul galaktosa dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Galaktosa

2.2.2. Disakarida

Gula disakarida mempunyai rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$. Senyawa-senyawa ini terbentuk jika dua molekul monosakarida bergabung dengan melepas satu molekul air.

a) Sukrosa

Senyawa ini adalah senyawa yang dikenal sehari-hari dalam rumah tangga sebagai gula dan dihasilkan dalam tanaman dengan jalan mengkondensasikan glukosa dan fruktosa. Sukrosa didapatkan dalam tumbuhan, sayuran dan buah-buahan, seperti tebu yang mengandung sukrosa dalam jumlah yang relatif besar.

b) Laktosa

Gula ini dibentuk dengan proses kondensasi glukosa dan galaktosa. Senyawa ini didapatkan hanya pada susu.

c) Maltosa

Molekul maltosa dibentuk dari hasil kondensasi dua molekul glukosa. Semua gula berasa manis tetapi tingkatan rasa manisnya tidak sama. Rasa manis berbagai macam gula dapat dibandingkan dengan menggunakan skala nilai dimana rasa manis sukrosa dianggap seratus. Tabel 2.4 menunjukkan kemanisan relatif bermacam-macam gula.

Tabel 2.4 Kemanisan relatif beberapa jenis gula

| JENIS GULA | KEMANISAN RELATIF (Brix) |
|-------------|--------------------------|
| Fruktosa | 173 |
| Gula invert | 130 |
| Sukrosa | 100 |
| Glukosa | 74 |
| Maltosa | 32 |
| Galaktosa | 32 |
| Laktosa | 16 |

Sumber: Winarno (1995)

2.2.3. Polisakarida

Polisakarida adalah polimer hasil kondensasi monosakarida dan tersusun dari banyak molekul monosakarida yang berikatan satu sama lain, dengan melepaskan sebuah molekul air untuk setiap ikatan yang terbentuk. Senyawa ini mempunyai rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah bilangan yang besar. Polisakarida terpenting sebagai sumber karbohidrat yang tersebar luas di alam dan banyak terdapat pada tanaman adalah pati. Pati penting dalam industri-industri pangan, tekstil, lem, kertas, permen, dan lain-lain.

Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula yang berbeda-beda dengan mikroskop. Jenis pati dapat dibedakan karena mempunyai bentuk, letak hilum yang unik, dan juga letak “*birefringence*”. Pati mempunyai dua ujung berbeda, yakni ujung non reduksi dengan gugus OH bebas yang terikat pada atom nomor 4 dan ujung pereduksi dengan gugus OH anomerik. Gugus hidroksil dari polimer berantai lurus / bagian lurus dari struktur berbentuk cabang yang terletak sejajar akan berasosiasi melalui ikatan hidrogen yang mendorong pembentukan kristal pati. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya serta lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari 2 fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Sifat pati tidak larut dalam air, namun bila suspensi pati dipanaskan akan terjadi gelatinasi setelah mencapai suhu tertentu (suhu gelatinasi). Pemanasan menyebabkan energi kinetik molekul antara molekul pati dalam granula, sehingga air dapat masuk ke dalam granula pati tersebut dan pati akan mengembang. Granula pati dapat pecah sehingga kembali pada kondisi semula. Peruba (Winarno,1995). Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang

tidak larut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dan amilopektin mempunyai rantai cabang (Winarno, 1989). Karakteristik amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Karakteristik Amilosa dan Amilopektin

| Proporsi | Amilosa | Amilopektin |
|---------------------|--|----------------------------------|
| Bentuk | Pada dasarnya linier | Bercabang |
| Ikatan | A-1,4 dan sejumlah sedikit α -1,6 | A-1,6 |
| Berat molekul | Kurang dari 5 juta | 50-300 juta |
| Sifat pelapisan | Kuat | Lemah |
| Pembentukan gel | Kaku | Tidak membentuk gel sampai lunak |
| Warna dengan iodine | Biru | Coklat kemerahan |

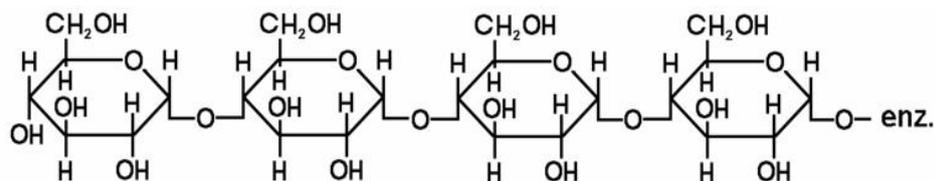
Sumber : Estiasih (2006)

Amilosa dan amilopektin merupakan komponen penting pembentuk struktur dasar pati, dan sangat mempengaruhi karakteristik fisiko kimia pati yang dihasilkan. Amilosa memiliki karakteristik rantai relatif lurus, struktur gel kuat, serta apabila diberi pewarna iodine akan menghasilkan warna biru. Sementara itu, amilopektin memiliki karakteristik rantai bercabang, struktur gel lembek, dan apabila diberi pewarna iodine akan menghasilkan warna coklat kemerahan (Herawati, 2012).

1. Amilosa

Amilosa pada dasarnya merupakan polimer linier yang terdiri dari ikatan α - 1,4-D glukopiranososa. Bukti terbaru saat ini menunjukkan bahwa terdapat sejumlah kecil cabang pada polimer amilosa. Rantai amilosa berbentuk heliks. Bagian dalam struktur heliks mengandung atom H sehingga bersifat hidrofob yang memungkinkan amilosa membentuk kompleks dengan asam lemak bebas, komponen asam lemak dari gliserida. Sejumlah alkohol dan iodine pembentuk kompleks amilosa dengan lemak atau pengemulsi dapat mengubah suhu gelatinisasi, tekstur dan profil viskositas dari pasta pati (Estiasih, 2006). Menurut (Tranggono, 1991) pada fraksi linier glukosa dihubungkan satu dan lainnya dengan ikatan α -1,4 glikosidik. Fraksi linier merupakan komponen minor yaitu kurang lebih 17-30% dari

total, namun pada beberapa varietas kapri dan jagung, patinya mengandung amilosa sampai 75%. Warna biru yang diproduksi oleh pati dalam reaksinya dengan iodine berkaitan erat dengan fraksi linier tersebut. Rantai polimer ini mengambil bentuk heliks yang kumparannya dapat dimasuki oleh berbagai senyawa seperti iodine. Pemasukkan iodine kedalam molekul itu karena adanya efek dua kutub reduksi dan akibat resonansi sepanjang heliks. Setiap satu lengkungan heliks tersusun dari enam satuan glukosa dan membungkus satu molekul iodine. Panjang rantai menentukan macam warna diproduksi dalam reaksinya dengan iodine. Menurut Muchtadi, dkk (1992) enzim alfa-amilase menghidrolisis amilosa menjadi unit-unit residu glukosa dengan memutuskan ikatan α -1,4. Struktur kimia amilosa dapat dilihat pada Gambar 2.6.



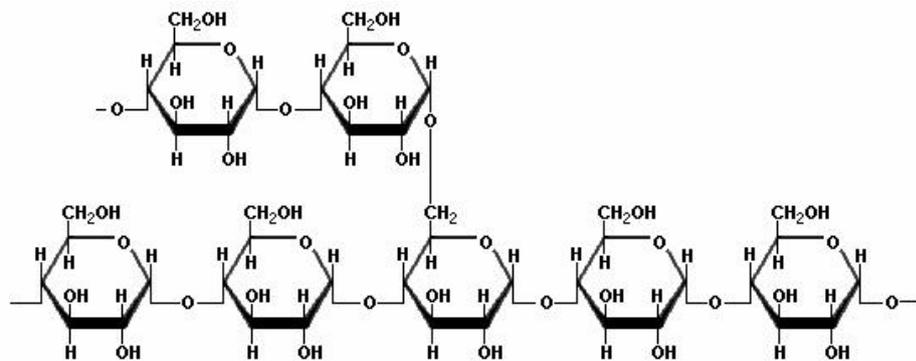
Gambar 2.6. Struktur kimia Amilosa

2. Amilopektin

Amilopektin merupakan molekul paling dominan dalam pati. Polimer amilopektin bercabang yang terdiri dari ikatan α -1,4 dan α -1,6 pada percabangannya. Dalam granula pati rantai amilopektin mempunyai keteraturan susunan. Rantai cabang amilopektin mempunyai sifat seperti amilosa yaitu dapat membentuk struktur heliks diperkirakan 4-6 % ikatan dalam setiap molekul amilopektin adalah ikatan α -1,6. Nilai tersebut walaupun kecil tetapi mempunyai dampak sekitar lebih dari 20.000 percabangan untuk setiap molekul amilopektin. Sifat amilopektin berbeda dengan amilosa karena banyak percabangan seperti retrogradasi lambat dan pasta yang terbentuk tidak dapat membentuk gel tetapi bersifat lengket (*kohefif*) dan elastis (*gummy texture*) (Estiasih, 2006). Selain perbedaan struktur, panjang rantai polimer, dan jenis ikatannya, amilosa dan amilopektin mempunyai perbedaan dalam hal penerimaan terhadap iodine.

Amilopektin dan amilosa mempunyai sifat fisik yang berbeda. Amilosa lebih mudah larut dalam air dibandingkan amilopektin (Subekti, 2007). Berdasarkan reaksi warnanya dengan iodium, pati juga dapat dibedakan dengan amilosa dan amilopektin. Pati bila berikatan dengan iodium akan menghasilkan warna biru karena struktur molekul pati yang berbentuk spiral, sehingga akan mengikat molekul yodium dan membentuk warna biru. Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa pati akan merefleksikan warna biru bila polimer glukosa nya lebih besar dari 20 (seperti amilosa). Bila polimer glukosanya kurang dari 20, seperti amilopektin, akan dihasilkan warna merah atau ungu-coklat. Sedangkan polimer yang lebih kecil dari lima, tidak memberi warna dengan iodium (Koswara, 2009).

Dalam produk makanan amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*) dimana produk makanan yang berasal dari pati yang kandungan amilopektinnya tinggi akan bersifat ringan, garing dan renyah. Kebalikannya pati dengan kandungan amilosa tinggi, cenderung menghasilkan produk yang keras, pejal, karena proses mekarnya terjadi secara terbatas (Koswara, 2009). Struktur kimia Amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Struktur kimia Amilopektin

3. Pembuatan Pati

Pembuatan pati melalui tahapan proses pengupasan, pencucian, pemotongan, penghalusan, peremasan, penyaringan, pengendapan, pencucian, pengeringan, penghalusan dan pengayakan. Proses pengupasan dan pencucian bertujuan untuk membersihkan umbi dari akar, kulit dan

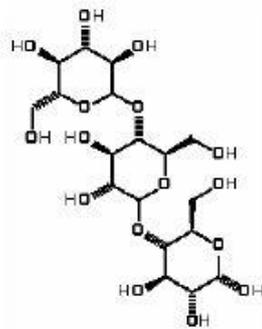
kotoran yang melekat pada umbi tersebut. Pemotongan dimaksudkan untuk mempermudah proses penghalusan umbi, penghalusan dilakukan bertujuan untuk merusak jaringan umbi dan sel-sel umbi agar pati dapat keluar (Ridal, 2003). Peremasan dimaksudkan untuk menyempurnakan kerusakan jaringan umbi agar pati dapat keluar dari jaringannya dengan menambahkan akuades pada proses penghalusan. Penyaringan bertujuan untuk memisahkan kotoran yang sukar dihilangkan dengan pencucian dan memisahkan ampas dengan pati yang diperoleh. Pati dibiarkan mengendap selama satu malam, kemudian dilakukan pencucian dengan akuades untuk mendapatkan pati yang bersih dan berwarna putih (Ridal, 2003). Pengeringan pati basah dilakukan dengan meletakkan pati basah pada suhu ruangan hingga pati kering. Kemudian dilakukan penghalusan pati dan pengayakan untuk mendapatkan pati yang halus.

2.3. Dekstrin

Dekstrin (dengan nama lain : Anylin) merupakan polimer D-glukosa yang merupakan hasil antara hidrolisis pati (Ruqoiyah, 2002). Dekstrin adalah pati atau hidrolisis pati secara parsial dimodifikasi oleh pemanasan dalam keadaan kering dengan atau tanpa asam, alkali atau agen kontrol pH (USP, 2007). Dekstrin adalah golongan karbohidrat dengan berat molekul tinggi yang dibuat dengan modifikasi pati dan asam. Dekstrin mudah larut dalam air, lebih cepat terdispersi, tidak kental serta lebih stabil daripada pati, sebagai pembawa bahan pangan yang aktif seperti bahan flavor, perwarna dan rempah yang memerlukan sifat mudah larut ketika ditambahkan air serta sebagai filler (Pulungan dkk, 2004). Dekstrin lebih larut dalam air dingin maupun panas daripada pati. Pada pembuatan dekstrin terjadi transglukosilasi dari ikatan α -D (1,4) glikosidik menjadi β -D (1,6) glikosidik. Perubahan ini mengakibatkan sifat pati yang tidak larut dalam air menjadi dekstrin yang mudah larut dalam air, lebih cepat terdispersi dan tidak kental serta lebih stabil dari pada pati (Lastriningsih, 1997).

Pembuatan dekstrin dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode kering (penyangraian) dan metode basah. Metode kering (penyangraian) menghasilkan perubahan warna pada pati selama proses pembuatan sehingga

dekstrin yang diperoleh berwarna lebih gelap. Oleh karena itu dipilih pembuatan dekstrin dengan menggunakan metode basah yang dilakukan dengan penambahan asam atau enzim. Pembuatan dekstrin dengan menggunakan katalis asam memiliki keunggulan karena prosesnya mudah, bahan baku mudah didapatkan dan murah (Jati, 2006). Sedangkan pembuatan dekstrin dengan enzim dapat dilakukan pada kondisi proses yang tidak ekstrim (suhu sedang dan pH mendekati normal), tingkat konversi yang lebih tinggi dan diperoleh reaksi yang lebih spesifik (Ridal, 2003). Pada prinsipnya membuat dekstrin adalah memotong rantai panjang pati dengan katalis asam atau enzim menjadi molekul-molekul yang berantai lebih pendek dengan jumlah unit glukosa dibawah sepuluh. Dalam proses ini molekul-molekul pati mula-mula pecah menjadi unit-unit rantai glukosa yang lebih pendek yang disebut dekstrin. Dekstrin ini dipecah menjadi glukosa, tetapi banyak sisa cabang pada amilopektin tertinggal dan disebut dekstrin. Dekstrin mempunyai rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan memiliki struktur serta karakteristik *intermediate* antara pati dan dekstrosa. Gambar struktur kimia dekstrin dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Struktur kimia Dekstrin

Berdasarkan cara pembuatannya, dekstrin dikelompokkan menjadi dekstrin putih, dekstrin kuning, dan *British Gum*. Pembuatan dekstrin dapat dilakukan dengan tiga macam proses yaitu proses konversi basah dan katalis asam, proses konversi basah dengan enzim serta proses konversi kering.

Berdasarkan reaksi warnanya dengan iodium, dekstrin dapat diklasifikasikan atas amilodekstrin, eritrodekstrin dan akrodekstrin. Pada tahap awal hidrolisa,

akan dihasilkan amilodekstrin yang masih memberikan warna biru bila direaksikan dengan yodium. Bila hidrolisa dilanjutkan akan dihasilkan eritrodekstrin yang akan memberikan warna merah kecoklatan bila direaksikan dengan iodium. Sedangkan pada tahap akhir hidrolisa, akan dihasilkan akrodekstrin yang tidak memberikan warna bila direaksikan dengan iodium. Dekstrin larut dalam air dingin dan larutannya bila direaksikan dengan alkohol atau Ca / BaOH akan menghasilkan endapan dekstrin yang bentuknya tidak beraturan. Sebagai padatan, dekstrin tersedia dalam bentuk tepung, tidak larut dalam alkohol dan pelarut-pelarut netral lain. Dekstrin juga dapat membentuk larutan kental yang mempunyai sifat adhesive kuat, kelarutan dalam air dingin meningkat dan kadar gula menurun (Koswara, 2009). Sifat-sifat dekstrin dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat-sifat Dekstrin

| Dekstrin | Kadar Air (%) | Warna | Kelarutan | Gula Pereduksi (%) | Derajat Percabangan (%) |
|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------------------|-------------------------|
| Dekstrin Putih | 2-5 | Putih-coklat | 60-95 | 10-12 | 2-3 |
| Dekstrin Kuning | <2 | Putih-krem | min-100 | 1-4 sedikit | Banyak |
| <i>British Gum</i> | <2 | Coklat | min-100 | | 20-25 |

Sumber : Wurzburg (1989)

Pada Tabel 2.6 dicantumkan beberapa sifat dekstrin yang meliputi kadar air, warna, kalarutan, gula pereduksi dan derajat percabangan. Nilai kelarutan yang diperoleh menunjukkan jumlah dekstrin dalam 1% suspensi yang akan larut dalam air destilata pada suhu 72°F. Tampak bahwa kelarutan dekstrin putih lebih rendah daripada kelarutan *British Gum*, sedangkan kelarutan *British Gum* lebih rendah daripada kelarutan dekstrin kuning.

Pada proses pembuatan dekstrin dengan menggunakan enzim terjadi melalui dua tahap yaitu tahap gelatinisasi dan tahap liquifikasi. Tahap gelatinisasi dilakukan agar pati lebih rentan terhadap serangan enzim. Proses gelatinisasi terjadi apabila suspensi pati ditambah dengan air kemudian dipanaskan, air akan menembus lapisan luar granula dan granula ini mulai megelembung. Ini terjadi saat suhu meningkat dari 60°C - 85°C. Ketika ukuran granula pati membesar

campuran menjadi kental. Pada suhu kurang lebih 85° C granula pati pecah dan isinya terdispersi merata keseluruh air disekelilingnya. Molekul rantai panjang mulai membuka atau terurai sehingga kental. Molekul pati membentuk jaringan dengan molekul air terkurung didalamnya (Gaman, 1994). Tahap *liquifikasi* adalah proses pencairan gel pati dengan menggunakan enzim α -amilase. Tahap *liquifikasi* dilakukan sampai mencapai derajat konversi sekitar 10-20 % DE atau sampai cairan berwarna coklat kemerahan bila direaksikan dengan larutan iodium. Tujuan proses ini adalah untuk melarutkan pati secara sempurna, mencegah isomerisasi gugus pereduksi dari glukosa dan mempermudah kerja enzim α -Amilase untuk menghidrolisa pati (Judoamidjojo, 1992). Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses *liquifikasi* adalah konsentrasi substrat, penggunaan enzim yang stabil pada suhu tinggi, pengaturan suhu dan lamanya, serta penggunaan pH disesuaikan dengan enzim yang digunakan, tetapi apabila terlalu rendah akan mengakibatkan gelatinisasi tidak sempurna (Muchtadi, 1992). pH diatur 5.8-6.2, kemudian ditambah dengan kofaktor enzim CaCl_2 . Fungsi penambahan NaOH atau CaCl_2 selain untuk menaikan pH suspensi pati sekaligus juga menyediakan kalsium untuk menjaga aktifitas dan stabilitas enzim. Syarat mutu dekstrin dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Syarat Mutu Dekstrin

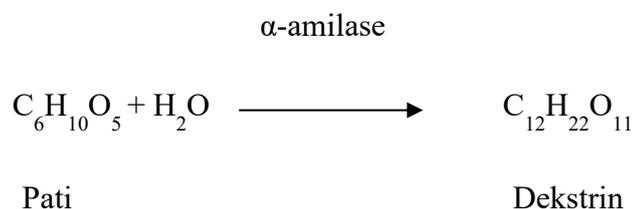
| Uraian | Satuan | Persyaratan |
|------------------------------|----------|-------------------------|
| Warna | - | Putih sampai kekuningan |
| Warna dengan larutan lugol | - | Ungu kecoklatan |
| Kehalusan mesh 80, % b/b | - | Minimal 90 (lolos) |
| Air % b/b | - | Maksimal 11 |
| Abu % b/b | - | Maksimal 0,5 |
| Bagian yang larut air dingin | Δ | Minimal 97 |
| Dekstrosa % | MI NaOH | Maksimal 5 |

Sumber : SNI (1992)

Dekstrin memiliki banyak manfaat dalam industri pangan dan farmasi diantaranya yaitu pada produksi makanan beku, roti, bahan minuman prebiotik dan bahan penyalut lapis tipis (*film coating*) tablet. Dekstrin dimanfaatkan sebagai pengganti gula dan untuk mempertahankan produk tetap beku. Kebutuhan

dekstrin di bidang industri ini semakin meningkat, sedangkan sebagian besar dekstrin yang dibutuhkan masih impor.

Dekstrin adalah polimer dekstrosa dalam bidang farmasi digunakan sebagai *diluent* tablet dan kapsul, pengikat, bahan selaput gula yang berfungsi sebagai *plasticizer*, perekat dan agen pengetal (*thickening agent*) untuk suspensi (Rowe,dkk, 2009). Dunia industri farmasi di Indonesia menggunakan dekstrin yang selama ini diimport dari luar. Kebutuhan dekstrin dalam industri farmasi dari tahun ke tahun semakin meningkat (Triyono, 2007). Volume import dekstrin Indonesia pada tahun 2007 mencapai 39.309.703 kg senilai US\$ 26.209.257. Itu meningkat daritahun sebelumnya yang hanya 36.747.033 kg senilai US\$ 21.791.938 (Pudiastuti dan Pratiwi, 2013). Reaksi pembentukan dekstrin menurut Othmer (1976) dapat dilihat pada gambar 2.9.

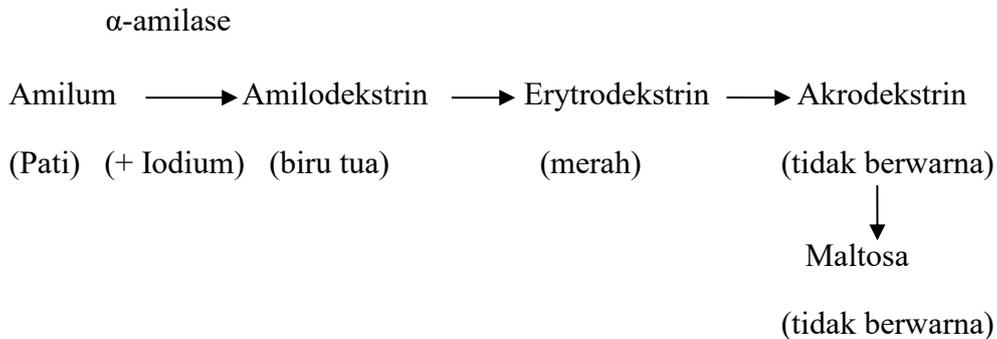


Gambar 2.9 Reaksi pembentukan dekstrin.

2.4. Hidrolisis Pati Secara Enzimatis

Hidrolisis enzim α -amilase pada molekul pati terjadi 2 tahap. Tahap pertama yaitu degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat pula. Degradasi sangat lambat terjadi pada saat pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir. Tahap kedua yaitu degradasi amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa dan berbagai jenis α -limit dekstrin. Jenis α -limit dekstrin yaitu oligosakarida yang terdiri dari 4 atau lebih residu glukosa yang semuanya mengandung ikatan α -1,6. Hidrolisis amilosa akan lebih cepat daripada hidrolisis rantai yang bercabang seperti amilopektin atau glikogen. Laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun, dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus (Winarno, 1995). Hidrolisis pati dengan menggunakan katalis enzim memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan katalis asam. Kelebihan enzim sebagai biokatalis diantaranya adalah reaksi hidrolisis yang terjadi beragam (*Singgle chain attack*, *Multi chain attack*, dan *Multiple attack*) kondisi proses yang digunakan tidak

ekstrim (suhu sedang dan pH mendekati netral), mengurangi jumlah energi yang digunakan, tingkat konversi yang lebih tinggi, polutan lebih rendah dan diperoleh reaksi yang spesifik. Hidrolisa pati oleh enzim α -amilase dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Hidrolisa pati oleh enzim α -amilase

Menurut (Tranggono, 1990) proses Hidrolisa pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit glukosa ($C_6H_{12}O_6$) atau dekstrosa ($C_6H_{10}O_5$)_n. Produk- produk hasil hidrolisis pati umumnya dikaterisasi berdasar tingkat derajat hidrolisisnya dan dinyatakan dengan nilai DE (*Dextrose Equivalent*) yang didefinisikan sebagai banyaknya total gula pereduksi dinyatakan sebagai dekstrosa dan dihitung sebagai prosentase terhadap total bahan kering. Pada hidrolisis sempurna, pati seluruhnya dikonversi menjadi dekstrosa, derajat konversi tersebut dinyatakan dengan *Dextrose equivalent* (DE), dari larutan tersebut diberi indeks 100. *Dextrose Equivalent* (DE) adalah besaran yang menyatakan nilai total pereduksi pati atau produk modifikasi pati dalam satuan persen. DE berhubungan dengan derajat polimerisasi (DP). DP menyatakan jumlah unit monomer dalam satu molekul. Unit monomer dalam pati adalah glukosa sehingga maltosa memiliki DP 2 dan DE 50. Secara komersial penggunaan pati dipengaruhi oleh nilai DE. Semakin besar DE berarti semakin besar juga persentase pati yang berubah menjadi gula pereduksi. Jenis pati dan penggunaannya berdasarkan perbedaan nilai DE dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Penggunaan Hasil Hidrolisis Pati berdasarkan Nilai DE

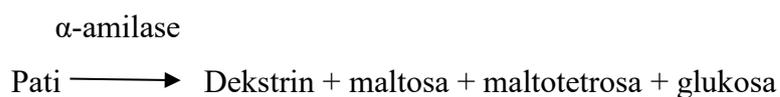
| Nama Hasil Hidroksi Pati | Nilai DE | Aplikasi Penggunaan |
|---|-------------|--|
| Dekstrin | 2-5 | Pengganti lemak susu didalam makanan pencuci mulut, yoghurt, produk bakery dan es krim |
| | 5 | Bahan tambahan margarin |
| | 9-12 | <i>Cheescake filling</i> |
| | 15-20 | Produk pangan berkalori tinggi |
| <i>Thin boiling starch</i> Oligosakarida | >20 +_50 | Kembang gula, pastelis dan jeli Pemanis |

Sumber : Subekti (2008)

Proses hidrolisa pati secara enzimatik dilakukan melalui tahap liquifikasi. Tahap liquifikasi adalah proses pencairan gel pati dengan menggunakan enzim α -amilase. Liquifikasi merupakan kombinasi dari dua proses, pertama yaitu hidrasi atau gelatinisasi dari polimer pati, untuk mempermudah serangan-serangan hidrolitik. Yang kedua yaitu dekstrinasi, sehingga dapat mencegah terjadinya retrogradasi untuk tahap selanjutnya (Muchtadi,dkk., 1992). Tujuan proses liquifikasi ini adalah untuk melarutkan pati secara sempurna, mencegah isomerisasi gugus pereduksi dari glukosa dan mempermudah kerja enzim α -amilase untuk menghidrolisa pati (Judoamidjojo, 1992).

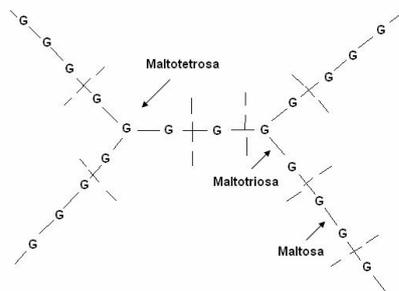
Proses hidrolisis pati secara enzimatik dapat terjadi sebagai berikut, sebelum substrat dihidrolisis dengan enzim maka pati harus digelatinisasi terlebih dahulu agar lebih rentan terhadap serangan enzim (Muchtadi,dkk., 1992 dalam Jariyah, 2002). Proses gelatinisasi terjadi apabila pati mentah dimasukan kedalam air dingin, granula patinya akan menyerap air dan membengkak, tetapi jumlah air yang diserap dan pembengkakkanya terbatas. Granula pati membengkak dan tidak dapat kembali pada kondisi semula disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi tergantung juga pada konsentrasi pati, makin kental larutan suhu makin lambat tercapai dan suhu gelatinisasi berbeda-beda pada setiap jenis pati (Winarno, 2002).

Gelatinisasi merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses liquifikasi, dimana larutan pati harus sempurna. Bila larutan pati terlalu pekat maka akan sulit tersuspensi dengan baik sehingga selama proses gelatinisasi terjadi pengendapan partikel-partikel pati oleh karena itu proses gelatinisasi ini dapat dilakukan dengan membuat bubur pati dengan konsentrasi antara 25-40 % padatan kering. Adapun secara ringkas hidrolisis pati dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Hidrolisis pati

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses liquifikasi adalah konsentrasi substrat, penggunaan enzim yang stabil pada suhu tinggi, pengaturan suhu dan lamanya, serta penggunaan pH disesuaikan berdasarkan enzim yang digunakan. Suhu liquifikasi yang terlampaui tinggi, akan mengakibatkan terjadinya kerusakan enzim, tetapi apabila terlalu rendah akan mengakibatkan gelatinisasi tidak sempurna (Muchtadi,dkk., 1992). Jenis pati yang berbeda menghendaki kondisi gelatinisasi yang berbeda pula. Semakin tinggi konsentrasi pati maka akan semakin lambat mencapai suhu gelatinisasi dan gel yang terbentuk semakin kurang kental. Pembentukan gel yang optimal terjadi pada pH 4-7. Apabila pH terlalu tinggi pembentukan gel cepat tercapai, tetapi cepat turun kembali, sedangkan jika terlalu rendah, terbentuknya gel lambat dan kalau pemanasan diteruskan maka viskositasnya turun kembali. Kemudian ditambahkan dengan kofaktor enzim yaitu CaCl_2 . Fungsi CaCl_2 selain sebagai kofaktor juga sebagai penyedia kalsium, guna menjaga aktivitas dan stabilitas enzim. Suhu liquifikasi berkisar $105\text{-}110^\circ\text{C}$ selama 60-180 menit (Anonimous, 2001). Proses dihentikan setelah waktu dekstrinisasi standar dicapai dan diperoleh dekstrin cair dengan cairan berwarna coklat kemerahan bila direaksikan dengan larutan iodium. Enzim α -amilase yang memotong rantai pati secara acak pada ikatan α -1,4 dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 α -amilase yang memotong rantai pati secara acak pada ikatan α -1,4 (Tjokroadikoesoemo, 1986)

Faktor-faktor yang mempengaruhi hidrolisis :

1. Suhu

Suhu mempengaruhi jalannya reaksi hidrolisis, terutama pada kecepatan reaksinya. Untuk kisaran suhu 90-100°C, kecepatan reaksi meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 5°C. Sedangkan secara keseluruhan, pada umumnya kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10°C. Dengan penggunaan suhu yang lebih tinggi, maka waktu reaksi dapat diminimalkan. Penggunaan suhu tinggi juga dapat meminimalkan penggunaan katalisator sehingga biaya operasional lebih ekonomis.

2. Katalisator

Penggunaan katalisator pada reaksi hidrolisis dilakukan pertama kali oleh Braconnot pada 1819. Beliau menghidrolisis linen (selulosa) menjadi gula fermentasi dengan menggunakan asam sulfat pekat. Setelah itu ditemukan bahwa asam dapat digunakan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi hidrolisis. Katalisator yang biasa di gunakan berupa asam, yaitu asam klorida, asam sulfat, asam sulfit, asam nitrat, atau yang lainnya. Makin banyak asam yang di pakai sebagai katalisator, makin cepat jalannya reaksi hidrolisa. Penggunaan katalisator dengan konsentrasi kecil (larutan encer) lebih disukai karena akan memudahkan pencampuran sehingga reaksi dapat berjalan merata dan efektif. Penggunaan konsentrasi katalisator yang kecil

dapat mengurangi kecepatan reaksi. Namun hal ini dapat diatasi dengan menaikkan suhu reaksi.

3. Waktu

Waktu reaksi mempengaruhi konversi yang dihasilkan. Semakin lama waktu reaksi, maka semakin tinggi pula konversi yang di hasilkan. Hal ini disebabkan oleh kesempatan zat reaktan untuk saling bertumbukan dan bereaksi semakin besar, sehingga konversi yang di hasilkan semakin tinggi (Perwitasari dan Cahyo, 2009).

4. Netralisasi

Proses hidrolisis yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan proses hidrolisis partial, sehingga diperlukan penghentian reaksi agar tak terjadi pemecahan senyawa lebih lanjut. Proses hidrolisis diakhiri dengan menghentikan pemanasan yang dilakukan dalam autoklaf, dan menetralisasi suasana asam. Kondisi asam oleh asam klorida dinetralisasi dengan larutan natrium karbonat (Perwitasari dan Cahyo, 2009).

2.5. Enzim α -Amilase

Enzim α -amilase (α -1,4 glukon-4-glukanhidrolase,) murni dapat diperoleh dari *malt (barley)*, ludah manusia, pankreas, dan diisolasi dari *Aspergillius oryzae* dan *Bacillus subtilis*. Isolasi dari pemurnian enzim (*porcine*) dilakukan berdasar fraksinasi dengan garam, juga dengan panas selektif (pada suhu 70°C-90°C dan pH 6 selama 15 menit) kemudian dilakukan pencampuran glikogen sehingga terjadi kompleks enzim-glikogen (Winarno, 1995). Enzim α -amilase adalah endo-enzim yang bekerjanya memutus ikatan α - 1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin. Pengaruh aktivitasnya, pati terputus-putus menjadi dekstrin dengan rantai sepanjang 6-10 unit glukosa (Tjokroadikusoema,1986). Menurut Winarno (1995) enzim amilase merupakan enzim pemecah pati atau glikogen, enzim amilase dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu :

1. α -amilase adalah suatu enzim pemecah pati secara acak dari tengah atau dari bagian dalam molekul, disebut endo amilase

2. β -amilase, menghidrolisis unit gula dari ujung molekul pati dan disebut ekso amilase
3. Gluko amilase adalah enzim yang dapat memisahkan glukosa dari terminal gula non pereduksi substrat pati.

Suatu endo enzim yang dapat memecah ikatan α -1,4 glikosidik dari pati secara random disebut α -amilase. Hidrolisis pati oleh α -amilase akan menghasilkan molekul-molekul yang kecil seperti maltosa, maltotriosa, glukosa, dan oligometrik dekstrin. Terbentuknya molekul dekstrin disebabkan karena masih adanya ikatan α -1,6 glikosidik yang tidak dapat dipecah oleh enzim ini. Enzim merupakan molekul protein tak hidup yang dihasilkan oleh setiap sel hidup. Enzim bekerja sebagai biokatalisator dengan efisiensi dan selektifitas tinggi. Enzim tidak mengubah konstanta keseimbangan reaksi kimia.

Kecepatan reaksi enzim dipengaruhi oleh suhu, pH, pelarut dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Berat molekul α -amilase kurang lebih adalah 50.000. Setiap molekul mengandung satu ion Ca^{2+} . Dengan filtrasi gel (Sephadex) dapat dipisahkan dua jenis α -amilase, yaitu yang cepat bergerak dengan BM 50.000 dan yang lambat dengan BM 100.000. Enzim dengan BM 50.000 merupakan monomer enzim α -amilase. Enzim dimer terjadi bila ada ion zinc, dan kedua enzim dihubungkan melalui ion zinc tersebut. Aktifitas α -amilase ditentukan dengan mengukur hasil degradasi pati. Biasanya dari penurunan kadar pati yang larut atau dari kadar dekstrinya dengan menggunakan substrat jenuh. Hilangnya substrat dapat diukur dengan pengurangan derajat pewarnaan iodium terhadap substrat. Kinetika reaksi α -amilase memang agak sulit, sebab sifat hidrolisisnya beraneka ragam terhadap berbagai substrat, apalagi bila hasil hidrolisis pertama ternyata menjadi substrat baru bagi enzim yang sama sampai menghasilkan maltosa dan triosa (Winarno,1985). Faktor utama yang mempengaruhi aktifitas enzim adalah:

1. pH

Enzim mempunyai aktifitas maksimal pada kisaran pH yang disebut pH optimum. Suasana terlalu asam atau alkali akan mengakibatkan denaturasi protein dan hilangnya secara total aktifitas enzim. pH optimal untuk beberapa enzim pada umumnya terletak diantara netral atau asam lemah yaitu 4,5-8. pH optimum sangat penting untuk menentukan karakteristik enzim. Pada substrat yang berbeda, enzim memiliki pH optimum yang berbeda (Tranggono dan Sutardi, 1990). Menurut Winarno (1995) enzim yang sama mempunyai pH optimum yang berbeda tergantung pada asal enzim.

2. Suhu

Enzim mempercepat reaksi kimia pada sel hidup. Dalam batasbatas suhu tertentu kecepatan reaksi yang dikatalisis enzim akan naik bila suhunya naik. Reaksi yang paling cepat terjadi pada suhu optimum. Oleh karena itu penentuan suhu optimum aktivitas enzim sangat perlu karena apabila suhu terlalu rendah maka kestabilan enzim akan naik tetapi aktifitas turun, sedangkan pada suhu tinggi aktivitas enzim tinggi tetapi kestabilan rendah. (Muchtadi dkk, 1988) namun, kecepatan akan menurun drastis pada suhu yang lebih tinggi. Hilangnya aktifitas pada suhu tinggi karena terjadinya perubahan konfirmasi thermal (denaturasi) enzim. Kebanyakan enzim tidak aktif pada suhu sekitar 55- 60°C.

3. Konsentrasi substrat

Kecepatan reaksi enzimatik pada umumnya tergantung pada konsentrasi substrat. Kecepatan reaksi akan meningkat apabila konsentrasi substrat meningkat, peningkatan kecepatan reaksi ini akan semakin kecil hingga tercapai pada suatu titik batas yang pada akhirnya penambahan konsentrasi substrat hanya akan sedikit meningkatkan kecepatan, hal ini disebabkan semua molekul enzim dalam membentuk ikatan kompleks dengan substrat tidak berpengaruh pada kecepatan reaksi (Tranggono dan Sutardi, 1990).

4. Pengaruh konsentrasi enzim

Kecepatan reaksi dalam reaksi enzim sebanding dengan konsentrasi enzim, semakin tinggi konsentrasi enzim maka kecepatan reaksi akan semakin tinggi sehingga pada batas konsentrasi tertentu dimana hasil hidrolisis akan konstan dengan tingginya konsentrasi enzim yang disebabkan penambahan enzim sudah tidak efektif.

5. Aktivator dan inhibitor

Beberapa enzim memerlukan aktivator dalam reaksi katalisnya. Aktivator adalah senyawa atau ion yang dapat menaikkan kecepatan reaksi enzimatik. Komponen kimia yang membentuk aktifitas enzim disebut juga kofaktor. Kofaktor tersebut dapat berupa ion anorganik seperti Zn^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} dan Mg^{2+} atau dapat pula sebagai molekul organik kompleks yang disebut koenzim. Pada umumnya ikatan senyawa organik dengan protein enzim itu lemah apabila ikatannya kuat disebut gugus prostetik.