

Review

ARTIKEL REVIEW : STUDY α -AMILASE DARI MIKROBA SERTA PEMANFAATANYA DALAM PEMBUATAN MALTODEKSTRIN

REVIEW ARTICLE : STUDY OF α -AMILASE FROM MICROBES AND ITS USE IN THE MAKING OF MALTODEXTRINE

Muhammad Alif Aziz Algofar¹, Hurryatul Fikri Rosmansyah², Ira Adiyati Rum³, Soni Muhsinin⁴,
Fenti Fatmawati^{5*}

Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana, Bandung, Indonesia, 40614

*E-mail: fenti.fatmawati@bku.ac.id

Diterima: 25/04/2021

Direvisi: 27/04/2021

Disetujui: 31/05/2021

Abstrak

Amilase adalah enzim hidrolase penting yang telah digunakan secara luas selama beberapa dekade. Enzim ini secara acak memotong ikatan glikosidik internal dalam molekul pati dengan cara menghidrolisisnya dan menghasilkan gula. Diantara amilase, α -amilase memiliki permintaan terbesar karena berbagai aplikasinya di bidang industri. Ketika konsumen menjadi lebih sadar akan masalah lingkungan, industri menemukan bahwa enzim dapat menggantikan katalis kimia lainnya. α -amilase dapat diproduksi dari tumbuhan atau sumber mikroba. Dikarenakan keuntungan yang diberikan oleh produksi mikroba, α -amilase dari mikroorganisme telah menjadi fokus perhatian dan lebih disukai daripada sumber produksi lainnya. Sifatnya yang ada di mana-mana, produksi yang mudah, dan berbagai aplikasi menjadikan α -amilase sebagai enzim yang penting bagi industri. Tujuan review ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pengaplikasian enzim α -amilase yang berasal dari mikroba yaitu bakteri dan yeast serta pemanfaatannya dalam industri farmasi terutama dalam pembuatan maltodekstrin khususnya pada pembuatan tablet.

Kata kunci: α -Amilase; Mikroba; Maltodekstrin

Abstract

Amylase is an important hydrolase that has been used extensively for decades. This enzyme randomly cuts the internal glycosidic bonds in the starch molecule to hydrolyze it and produce sugar. Among amylases, α -amylase has the greatest demand due to its various industrial applications. As consumers become more aware of environmental concerns, while industry discovered that enzymes can replace other chemical catalysts. α -amylase can be produced from plant or microbial sources. Due to the advantages provided by microbial production, α -amylase from microorganisms has become the focus of attention and preferred over other production sources. Its ubiquitous nature, ease of production, and wide range of applications make α -amylase as a substantial enzyme for the industry. The purpose of this review is to provide information on the application of the α -amylase enzyme derived from microbes, including bacteria and yeast, as well as its use in the pharmaceutical industry, especially in the manufacture of maltodextrin, which will be used in the manufacture of tablets..

Keywords : α -Amilase; Microbes; Maltodextrin

PENDAHULUAN

Amilase termasuk dalam kelompok sakaridase yang memotong polisakarida. Amilase merupakan enzim pencernaan, terutama terdapat pada pankreas dan kelenjar ludah. Fungsi utama dari enzim amilase adalah untuk memecah pati dalam makanan menjadi gula sederhana. Amilase tercampur dengan enzim protease dan lipase digunakan sebagai pencuci noda pakaian dan dalam industri [1]. Amilase pertama kali diproduksi berasal dari fungi pada tahun 1894 [2]. Amilase dibedakan atas tiga kelompok yaitu:

α -amilase (EC 3.2.1.1)

α -amilase termasuk enzim ekstraseluler yang menghidrolisis ikatan 1,4- α -glikosida. Bersifat termostabil dan sebagian besar α -amilase adalah metaloenzim yang memerlukan ion kalsium (Ca^{2+}) untuk aktivitas, integritas struktural dan stabilitas. α -amilase disebut juga endoamilase karena enzim tersubstrat memecah pati secara acak dari tengah dan bagian dalam molekul [3].

β -amilase (EC 3.2.1.2)

Enzim β -amilase adalah enzim eksoamilase yang memecahkan ujung rantai granula bukan pereduksi pada molekul amilosa, amilopektin dan glikogen. Enzim β -amilase tidak dapat menghidrolisis maltotriosa [4].

γ -amilase atau Glukoamilase (EC 3.2.1.3)

γ -amilase bekerja dengan cara menghidrolisis unit glukosa tunggal dari non-pereduksi ujung dari amilosa dan amilopektin secara bertahap. γ -amilase dapat dibedakan dengan enzim amilase lainnya karena hasil reaksinya hanya berupa glukosa [5].

α -Amilase (EC 3.2.1.1 atau disebut juga 1,4-**alpha**-D-glucan glucanohydrolase) adalah salah satu enzim industri terpenting yang dapat digunakan dalam sejumlah proses industri termasuk pembuatan bir, pemanggangan, tekstil dan deterjen [6]. Serta produksi bioetanol. Alkali dan termotoleran-amilase telah dimurnikan dari spesies *Bacillus* [7], [8] "Basil tanpa oksigen" dan sebagian besar spesies yang dijelaskan tumbuh dengan baik secara aerob dan untuk beberapa spesies bahkan pertumbuhan anaerobik telah terdaftar tetapi hanya dalam kondisi tertentu. Amilase yang diisolasi dari bakteri termofilik bersifat termostabil dan aktif pada suhu tinggi. Spesies *Bacillus* seperti *Geobacillus stearothermophilus* [9], *Bacillus subtilis* [10]–[12], *Bacillus licheniformis* [13], *Anoxybacillus* [14], *Bacillus amyloliquefaciens* [15], *Bacillus cereus* [16], dan *Bacillus alvei* [17]. Dikenal untuk produksi enzim penghidrolisis pati. Sedangkan Sumber jamur α -amilase terbatas pada isolat terestrial, sebagian besar pada *Aspergillus* spesies dan hanya beberapa spesies *Penicillium*, *P. brunneum* menjadi salah satunya. Sumber yeast yang digunakan terutama untuk produksi komersial α -Amilase adalah strain dari *Aspergillus spp.* *Aspergillus oryzae*, *A. niger* dan *A. awamori* adalah spesies yang paling umum digunakan untuk produksi komersial di antara beberapa spesies lainnya.

Cara kerja enzim α -amilase yaitu dengan mendegradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat. Selanjutnya pembentukan glukosa dan maltosa sebagai

produk dan tidak terjadi secara acak. Keduanya merupakan kerja enzim α -amilase pada molekul amilosa. Pada molekul amilopektin kerja α -amilase akan menghasilkan glukosa, maltosa dan satu seri α -limit dekstrin, serta oligosakarida yang terdiri dari empat atau lebih glukosa yang mengandung ikatan α -1,6-glikosidik [18].

Pemecahan oleh α -amilase terhadap amilopektin akan menghasilkan dekstrin dengan BM (berat molekul) rendah, maltosa dan oligosakarida yang lebih besar. Setiap molekul α -amilase mengandung satu ion kalsium (Ca^{2+}) yang perannya tidak langsung untuk pembentukan enzim substrat, tetapi mendukung molekul enzim membentuk keadaan optimum guna aktivitas dan stabil [19]. α -amilase disebut juga endo-amilase karena enzim tersubstrat memecah pati secara acak dari tengah dan bagian dalam molekul untuk menghasilkan dekstrin, oligosakarida, maltosa, dan D-glukosa [5]. Amilase bisa berasal dari hewan, jamur, dan sumber tanaman. Pancreatin dan pancrelipase mengandung amilase yang berasal dari pankreas hewan, biasanya berasal dari pankreas babi [20]. Amilase juga berasal dari malt barley [21] dan jamur *Aspergillus oryzae* [22].

Pati merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin. Sumber pati dapat diperoleh dari karbohidrat seperti biji-bijian (jagung, padi, gandum), umbi-umbian (ubi kayu, ubi jalar, kentang) dan batang (sagu) [23]. Pati biasanya digunakan sebagai pengisi, pengikat dan bahan penghancur dibidang farmasi terutama dalam produksi tablet seperti pati praelatinisasi, pati teroksidasi, pati encer, pati ikatan silang, dan asam. pati termodifikasi [24].

Maltodekstrin merupakan bahan tambahan yang sering digunakan di industri farmasi yang saat ini masih cukup tinggi pemanfaatannya. Salah satu contoh degradasi pati yaitu pada proses pembuatan maltodekstrin dimana maltodekstrin dibuat dengan cara degradasi parsial α -amilase. Tahapan utama reaksi enzimatik meliputi pengkondisian pati, penambahan enzim, inaktivasi enzim dan pengeringan [25]. Review ini diharapkan memberikan informasi mengenai α -amilase yang berasal dari mikroba serta pemanfaatannya dalam industri farmasi terutama untuk pembuatan maltodekstrin.

Pengujian α -Amilase

Pengaruh waktu, suhu dan pH terhadap pertumbuhan mikroba dan produksi amilase

Pengaruh waktu, suhu dan pH pada produksi enzim dibuat dengan mengkultur organisme pada waktu yang berbeda, suhu yang berbeda, dan nilai pH yang berbeda menggunakan buffer yang sesuai pada konsentrasi 0,1 M (3,0–6,0, natrium sitrat; 7,0–8,0, Tris – HCl ; 9,0–11,0, glisin-NaOH). Aktivitas amilolitik diukur setelah 24 jam inkubasi [14].

Skrining enzim amilase

Koloni mikroba yang memiliki aktivitas amilase, akan menghasilkan zona yang bening di sekitar koloni. Skrining dilakukan dengan menumbuhkan kembali dalam media spesifik dari hasil isolasi koloni tunggal terpilih diinkubasi selama 16 jam pada suhu 37 °C [26], [27].

Uji aktivitas amilase

Adapun tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan enzim. Aktivitas α -amilase diukur dengan DNS sesuai dengan metode menggunakan 0,5% pati yang dilarutkan dalam buffer 0,1 M Tris – HCl pH 7,0 pada 55 °C. Satu unit aktivitas amilase didefinisikan sebagai jumlah enzim yang melepaskan 1 mol gula pereduksi per menit pada 55 °C. d- Maltosa digunakan sebagai standar gula akhir pereduksi [28].

Pemurnian enzim

Pemurnian untuk α -amilase mencakup berbagai kombinasi pertukaran ion, filtrasi gel, interaksi hidrofobitas dan kromatografi fase terbalik. α -amilase protokol ekstraksi menggunakan pelarut organik seperti etanol, aseton dan presipitasi amonium sulfat dan ultrafiltrasi telah diusulkan. Metode konvensional ini membutuhkan peralatan yang cukup mahal, memakan waktu, hampir tidak dapat direproduksi dan dapat mengakibatkan peningkatan kehilangan produk yang diinginkan [1], [14].

Penentuan protein

Konsentrasi protein ditentukan dengan metode menggunakan albumin sebagai standar pada langkah terakhir dan selama prosedur pemurnian [29]. Bertujuan untuk optimalisasi kondisi, khususnya parameter fisik dan kimia, penting dalam perkembangan proses karena dampaknya terhadap ekonomi dan kepraktisan proses [30].

Elektroforesis

Metode konvensional ini membutuhkan peralatan yang cukup mahal, memakan waktu, hampir tidak dapat direproduksi dan dapat mengakibatkan peningkatan kehilangan produk yang diinginkan. Tahap pertama dicampurkan hasil sampel yang telah di dialisis atau hasil pemurnian sebanyak 20 μ l dan buffer kalium fosfat 5 μ l ke dalam tabung reaksi, kemudian di homogenkan dengan vortex selama 10 detik. Sebelumnya di buat dahulu lubang gel elektroforesis (sumur), selanjutnya dimasukan hasil sampel yang telah di vortex 20 μ l ke dalam sumur, dan masukan juga marker enzim 5 μ l ke sumur lainnya lalu di running selama 2 jam pada tegangan 120 V. Setelah proses running selesai gel di angkat dari plat lalu dicuci dengan aquades dan dibersihkan dari sisa larutan elektroforesis. Plat gel yang telah di bersihkan diwarnai dengan Coomassie brilliant blue (CBB) R 250 selama 30 menit, lalu di cuci kembali dengan aquades dan di rendam dengan larutan destaining hingga mendapatkan hasil SDS-PAGE pita protein yang jernih [31].

Native-PAGE terputus dilakukan dalam gel akrilamida 10% dengan elektroforesis gel mini Bio-Rad. Semua buffer yang digunakan untuk native-PAGE disiapkan tanpa SDS. Setelah elektroforesis, gel diinkubasi pada suhu 55 °C dalam larutan pati larut (3%) disiapkan dalam buffer 0,1 M natrium asetat (pH 6,0). Selanjutnya gel itu diwarnai dengan reagen yodium (larutan KI-I₂). Pita amilase divisualisasikan sebagai pita transparan dengan latar belakang biru tua [32].

Pengaruh pH dan suhu terhadap aktivitas dan stabilitas enzim

PH optimal untuk aktivitas enzim ditentukan pada 50 °C dengan berbagai tingkat pH . Buffer fosfat asam sitrat (pH 3,0-5,0), natrium fosfat (pH 6,0-7,0), Tris-HCl (pH 7,5-9,0), dan natrium karbonat (pH 10,0-12,0). Untuk stabilitas pH, aktivitas sisa diukur pada pH 7,5 setelah 1 jam inkubasi pada 40 °C dalam buffer pH yang sedang diuji. Aktivitas enzim diuji pada suhu berkisar dari 30 °C sampai 80 °C dalam 20mM penyangga Tris – HCl (pH 7,5). Enzim yang telah dimurnikan diinkubasi selama 1 jam pada suhu yang diuji, dan aktivitas sisa diukur pada 50 °C dalam 20mM penyangga Tris – HCl (pH 7,5) [33], [34].

Tabel 1. Produksi enzim α -Amilase dari Bakteri

| Sumber enzim amilase | Isolasi | Pemurnian | Sifat | | | Sumber |
|---------------------------------------|---|---|-----------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Suhu optimum °C | pH optimum | Bobot molekul KDa | |
| <i>Bakteri Bacillus licheniformis</i> | wild-type; CICC 10181 | wild-type, dan recombinant mutants L134R, S320A, L134R/S320A | 70-80 | 5.5-9.5 | 55 | [13], [35] |
| <i>Bakteri Bacillus subtilis</i> | - | engendapan aseton dan filtrasi gel. | 45-50 | 6 | 56 | [10], [12] |
| <i>Bifidobacterium longum</i> | Rekombinan Enzim 6-tagnya 88,9 kali lipat dari strain Escherichia coli MC1061 | kromatografi afinitas nikel | 20 | 5 | 48 | [36] |
| <i>Lactobacillus manihotivorans</i> | - | DEAE-cellulose, Sephadex G-200 | 55 | 6 | 135 | [37] |
| <i>Bacillus sp. (in: Bacteria)</i> | Isolate dari Ferdowsicous | Pengendapan amonium sulfat dan kromatografi kolom Q-Sepharose | 70 | 4.5 | 50 – 60 | [38] |
| <i>Bacillus mojavensis</i> | - | Ultrafiltrasi, filtrasi gel | 80 | 6.5 | 58 | [39] |

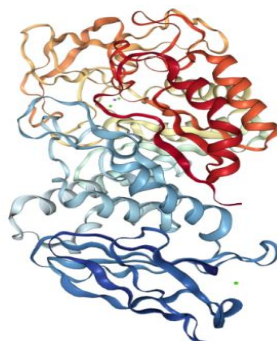
| | | | | | | |
|----------------------------|---|---|----|-----|----|------|
| | | Sephadex G-75 dan kromatografi kolom Sepharose Mono Q | | | | |
| <i>Geobacillus sp.</i> K1C | Isolate dari Manikaran hot springs, India | Fraksinasi amonium sulfat, dialisis, kromatografi penukar anion, dan filtrasi gel. | 80 | 6 | 59 | [40] |
| <i>Geobacillus sp.</i> LH8 | | Pengendapan amonium sulfat, kromatografi kolom Q-Sepharose, dan kromatografi kolom Mono Q-Sepharose | 80 | 5-7 | 52 | [41] |

Tabel 2. Produksi enzim α -Amilase dari yeast

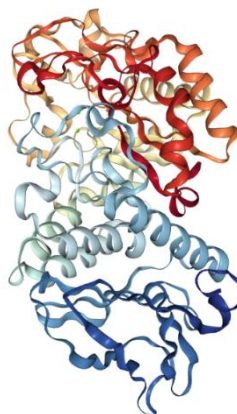
| Sumber enzim amilase | Isolasi | Pemurnian | Sifat | | | Sumber |
|--|---|---|-----------------|------------|-------------------|--------|
| | | | Suhu optimum °C | pH optimum | Bobot molekul KDa | |
| <i>A.oryzae</i> | <i>Aspergillus oryzae</i> FNCC 6004 pada substrat amilosa | pemurnian dengan amonium sulfat | 27 - 30 | 7,47-8,32. | 50 | [42] |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Sentrifugasi | Kromatografi Filtrasi Gel | 21 -30 | 4,9. | 50- 10 | [43] |
| <i>Aspergillus niger</i> FNCC 6018 | <i>Aspergillusniger</i> FNCC 6018, | pemurnian dengan amonium sulfat, | 36 | 5 | | [44] |
| <i>Penicillium brevicompactum</i> | | native enzyme 46fold by starch affinity | 30 | 5 | 32,5 | [6] |
| yeast amilolitik <i>S. fibuligera</i> dan <i>P. Burtonii</i> | isolat yeast amilolitik dari ragi tape | streak plate | 37 | 5,4 | | [45] |

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------|----|-----|----|------|
| <i>Fusidium sp.</i> BX-1 | | Cm Cellulosa chromatography | 30 | 5.5 | 53 | [46] |
|-----------------------------|--|--------------------------------|----|-----|----|------|

Pada Tabel 1 dan 2 juga disebutkan beberapa bakteri serta yeast yang dapat memproduksi enzim α -amilase dengan menggunakan proses isolasi dan pemurnian dengan parameter kontrol proses yang optimal bervariasi tergantung pada sumber mikroba, produk akhir yang diinginkan, metode fermentasi yang digunakan dan banyak faktor lainnya. α -amilase hasil isolasi memiliki aktivitas yang relatif masih rendah, sehingga perlu dilakukan proses purifikasi α -amilase hasil isolasi.



Gambar 1. Contoh Struktur α -amilase bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* α -amylase (BAA) [47].



Gambar 2. Contoh Struktur α -amilase yeast *Aspergillus* [48].

Bacillus subtilis, *Basil stearothermophilus*, *Basillicheniformis* dan *Bacillus amyloliquefaciens* dikenal sebagai produsen α -amilase termostabil yang baik. Termostabilitas merupakan karakteristik penting karena pencairan enzimatik dan sakarifikasi pati dilakukandi tinggi suhu (100–110°C). Enzim amilolitik termostabil sedang diselidiki untuk meningkatkan proses industri degradasi pati dan berguna untuk produksi produk berharga seperti glukosa,

dekstrosa kristal, sirup dekstrosa, maltosa dan maltodekstrin. Penggunaan enzim yang diproduksi oleh termofil memiliki keuntungan tambahan yaitu mengurangi risiko kontaminasi oleh mesofil. Enzim yang dihasilkan oleh beberapa mikroorganisme halofilik stabil pada salinitas tinggi dan oleh karena itu dapat digunakan dalam banyak proses industri yang keras dimana larutan garam pekat digunakan. Sifat halofilik enzim mencegah penghambatan aktivitasnya dalam kondisi ini yang sebaliknya akan terjadi jika enzim normal digunakan. Selain itu, sebagian besar enzim halobakteri sangat toleran terhadap suhu tinggi dan tetap stabil pada suhu kamar dalam waktu lama. Amilase halofilik dari bakteri halofilik seperti *Chromohalobacter* sp., *Halobacillus* sp., *Haloarcula hispanica*, *Halomonas meridiana*, dan *Bacillus dipsosauri* telah dikarakterisasi. Sumber jamur α -amilase terbatas pada isolat terestrial, sebagian besar pada *Aspergillus* spesies dan hanya beberapa spesies *Penicillium*, *P. brunneum* menjadi salah satunya [49]

Tabel 3. Aplikasi Enzim α -Amilase

| Bidang aplikasi | Aplikasi enzim amilase | Sumber |
|-----------------|---|------------|
| Pangan | Pati memiliki efek perlindungan stabilitas termal amilase pada madu. Oleh karena itu, penting untuk memproses atau mengontrol amilase dalam madu sebelum dimasukkan ke dalam makanan yang mengandung pati untuk membantu pelestarian fungsi pati. | [50] |
| | Sebagai pengembang roti | [51] |
| | <i>Maltooligosaccharide</i> pembentuk <i>endo-alpha-amylase</i> berguna dalam pembuatan roti sebagai agen antistaling dan dapat diproduksi secara ekonomis dengan menggunakan ampas tebu murah. | [51], [52] |
| | Enzim penting dalam industry pembuatan bir dan produksi alkohol | [53] |
| Pertanian | Mengurangi kebusukan buah untuk aplikasi pertanian, target yang mungkin dalam pengendalian tungau | [54], [55] |
| Industri | Dapat berguna dalam industri seperti pembuatan bir dan pemrosesan makanan, karena aktivitas mereka pada suhu rendah dan tinggi | [56] |
| | Sifat alkafilik enzim dengan kestabilannya merupakan fitur yang menarik untuk aplikasi industri yang memungkinkan | [57] |
| | Aktivitas kumulatif yang tinggi dan tujuh penggunaan kembali berturut-turut yang diperoleh pada suhu pencairan membuat enzim termostabil yang terikat secara kovalen menjadi matriks kalsium alginat, kandidat yang menjanjikan untuk digunakan dalam proses hidrolisis pati industri | [58] |

| | | |
|-------------------|--|------|
| | Stabilitas termal dari enzim tipe liar dan mutan memenuhi persyaratan stabilitas untuk proses industri. | [59] |
| | penerapan enzim rekombinan dari <i>Thermomyces dupontii</i> yang diekspresikan dalam <i>Pichia pastoris</i> dalam produksi sirup maltose | [60] |
| Industri kertas | Berfungsi agar membuat permukaan kertas menjadi cukup halus dan kuat, untuk meningkatkan kualitas penulisan pada kertas. | [61] |
| Industri deterjen | meningkatkan kemampuan deterjen untuk menyingkirkan noda sulit dan membuat deterjen lebih ramah lingkungan | [62] |
| | AmyUS100DELTAIG dirancang untuk meningkatkan termostabilitas dari maltoheksaosa pembentuk termooaktif dan termostabil α -amilase yang diproduksi di <i>Geobacillus stearothermophilus</i> sp. US100, AmyUS100 | [9] |

Tabel 4. Aplikasi Enzim α -Amilase di bidang Farmasi.

| Aplikasi enzim amilase | Sumber |
|--|------------|
| enzim tersebut merupakan target yang memungkinkan untuk pengobatan diabetes tipe 2 | [63] |
| Penghambatan α -amilase dapat secara signifikan mengurangi peningkatan glukosa darah pasca prandial dan oleh karena itu dapat menjadi strategi penting dalam pengelolaan kadar glukosa darah pada pasien diabetes tipe 2 dan pasien ambang batas. | [64] |
| untuk pengobatan gangguan pencernaan | [65] |
| Sebagai <i>Digestive Enzyme</i> dan <i>Probiotic Supplementation</i> | [66], [67] |

Pada Tabel 3 dan 4 disebutkan beberapa bidang yang mengaplikasikan enzim α -amilase bidang industri seperti pangan, farmasi, pertanian, Industri kertas, industri deterjen.

Maltodekstrin merupakan hasil dari produk hidrolisis pati yang mengandung unit α -D-glukosa yang terikat melalui ikatan 1,4 glikosidik dengan DE kurang dari 20. Larutan diperoleh dari hidrolisa pati dengan penambahan enzim atau asam.

Maltodekstrin adalah senyawa hidrolisis pati belum sempurna, karena terdiri kumpulan gula-gula pada bentuk sederhana (mono- & disakarida) pada jumlah sedikit, oligosakarida mempunyai rantai pendek pada jumlah nisbi tinggi pada sejumlah kecil oligosakarida berantai panjang, Khususnya dalam bidang farmasi selain pati alami, terdapat beberapa jenis pati yg sudah mengalami modifikasi baik secara kimia, fisika, juga secara enzimatik telah dimanfaatkan misalnya pregelatinized starch, pati teroksidasi, thin boiling starch, pati ikatan silang, pati termodifikasi asam, dekstrin, maltodekstrin & siklodekstrin [57]

Amilopektin tersusun dari 10 sampai 60 rantai pendek α -1,4-glikosidik dan 15 hingga 45 rantai α -1,6-glikosidik. Zat amilosa dan amilopetin yang terkandung pada pada bahan pangan sangat bervariasi, tetapi dengan adanya yang dapat mengindikasi derajat polimerisasi pati suatu bahan pangan atau DP [68]. Sifat dari hidrolisis enzimatis mempunyai sistem kerja dengan cara mengubah molekul pati sesuai dengan fungsional yang dibutuhkan serta merupakan sebuah cara alternatif untuk modifikasi pati yang telah banyak digunakan. Dengan menggunakan metode ini cenderung mempunyai keuntungan lebih aman serta efek dirasa ramah kepada lingkungan, reaksinya lebih mudah dikontrol, dan produk sampingan yang dihasilkan lebih sedikit [68]. Secara enzimatis hidrolisis pati akan menghasilkan nilai *dextrose equivalents* (DE) yang berbeda dari suatu produk yang dihasilkan. Dalam tahap penambahan enzim α -amilase dilakukan likuifikasi untuk menghasilkan maltodekstrin ataupun oligosakarida lain. Setelah itu dilakukan proses lebih lanjut dari hasil likuifikasi yaitu melakukan proses sakarifikasi dengan penambahan berbagai jenis enzim sesuai dengan jenis produk akhir yang diinginkan, melakukan modifikasi pati dapat menggunakan 2 tahapan berikut ini yaitu likuifikasi dan sakarifikasi [49]. Pada tahapan likuifikasi ada beberapa enzim yang ditambahkan yaitu enzim amilase atau glukoamilase yang didapat dari mikroba dimana mekanisme kerja enzim tersebut yang dapat memisahkan glukosa dari pati cair secara bertahap sehingga menghasilkan produk akhir berupa glukosa. Enzim ini sering digunakan sebagai pengganti α -amilase pada produksi sirup glukosa [69].

Nilai DE (*dextrose equivalent*) menunjukkan besaran yang menyatakan nilai total pereduksi dari pati atau produk modifikasi pati dalam satuan persen dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi sifat maltodekstrin. Maltodekstrin yang memiliki nilai DE tinggi, mempunyai kelarutan yang sangat baik dan lebih tinggi, sedangkan DE yang rendah berhubungan dengan meningkatnya viskositas [70]. Berikut ini adalah pengaplikasian dari pati maltodextrin.

Tabel 5. Penggunaan Maltodekstrin Berdasarkan Nilai DE

| Nama Hidroslisi Pati | Nilai DE (Dextrose Equivalent) | Aplikasi Penggunaannya | Sumber |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|---------------|
| Maltodextrin | 2-5 | Pengganti lemak susu didalam makanan pencuci mulut, yoghurt | [24], [71] |
| | 9-12 | Produk eskrim | [72] |
| | 15-20 | Bahan tambahan margarine dan produk pangan berkalori tinggi | [73] |

Berikut ini adalah spesifikasi dari Maltodekstrin Secara umum

Tabel 6. Spesifikasi Maltodekstrin

| Kriteria | Spesifikasi |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Kenampakan | Bubuk Putih agak kekuningan |
| Bau | Bau Seperti Malt - Dextrin |
| Rasa | Kurang Manis , Hambar |
| Kadar Air | 6 % |
| DE (<i>Dextrose Equivalent</i>) | < 20 |
| Ph | 4,5 – 6,5 |
| Sulfated Ash | 0,6 % (maksimum) |
| Total Plant Count | 1500 / Gram |

Sumber: [74]

Proses Pembuatan Maltodextrin

Proses pembuatan maltodekstrin menggunakan ciri eksklusif sangat ditentukan oleh karakteristik pati untuk dipakai menjadi bahan standar & proses hidrolisis terpilih. Maltodekstrin menjadi komponen bahan pada industri pangan yang sudah terdaftar dalam GRAS (Generally Recognized As Safe. Dalam aplikasinya, maltodekstrin bisa memberi kekerasan & tekstur pada produk pangan, maltodekstrin mengandung sakarida tinggi 95 % dextrose equivalent rendah memiliki sifat gel yang bisa lumer & bersifat termoreversibel, dimana bisa diaplikasikan menjadi pengganti lemak pada produk pangan [74]

Maltodekstrin mempunyai kelarutan yang lebih tinggi, dan dapat menciptakan film, mempunyai higroskopisitas rendah, sanggup menjadi pembantu pendispersi, sanggup Mengganggu kristalisasi & mempunyai daya ikat kuat . Maltodekstrin tidak mempunyai rasa & dikenal menjadi bahan tambahan kuliner yg kondusif maltodekstrin lebih gampang larut daripada pati, maltodekstrin mempunyai penggunaan yg lebih tinggi industri pangan, bahkan farmasi [74].

Tabel 7. Asal Enzim α -amilase yang digunakan

| Asal Enzim α -amilase | Metode | Mikroba | Sumber |
|-------------------------------|--|---------|--------|
| <i>Bacillus licheniformis</i> | Corn Refiner Association- Metode E-26 | Bakteri | [24] |
| <i>Aspergillus oryzae</i> | DNS | Yeast | [75] |
| Pankreas babi | Reduktometri | - | [72] |

DAFTAR RUJUKAN

- [1] P. M. de Souza and P. de O. e Magalhães. Application of microbial α -amylase in industry - a review. *Brazilian J. Microbiol.* 2010, 41(4), 850–861.
- [2] S. Pudjiraharti., S. Pudjiraharti., L. Z. Udin and A. T. Karossi. Produksi Alfa-amilase Oleh *Aspergillus Oryzae* Dalam Media Pati Sagu (*Metroxylon* sp.). *Indonesian J. Appl. Chem.* 2017, 7(1-2), (1-2).
- [3] Ariandi. Pengenalan Enzim Amilase (Alpha-Amylase) dan Reaksi Enzimatiknya Menghidrolisis Amilosa Pati Menjadi Glukosa. *J. Din.* 2016, 7(1), 74–82.
- [4] H. Rafsen. Optimasi Produksi Dan Karakterisasi Enzim α -Amilase Dari Isolat Bakteri Termofil *Bacillus* sp RSSII. 2018, 71.
- [5] A. Sundarram and T. P. K. Murthy. α -Amylase Production and Applications : A Review. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 2014, 2(4), 166–175.
- [6] T. M. Silva *et al.* Purification, partial characterization, and covalent immobilization–stabilization of an extracellular α -amylase from *Aspergillus niveus*. *Folia Microbiol. (Praha)*. 2013, 58(6), 495-502.
- [7] Tae Un Kim., Bu Gum Gu., Jae Yeon Jeong., Si Myung Byun and Yong Chul Shin. Purification and characterization of a maltotetraose-forming alkaline α - amylase from an alkalophilic *Bacillus* strain, GM8901. *Appl. Environ. Microbiol.* 1995, 61(8), 3105–3112.
- [8] T. Hayashi., T. Akiba and K. Horikoshi. Production and Purification of New Maltohexaose-forming Amylases from Alkalophilic *Bacillus* sp. H-167. *Agric. Biol. Chem.* 1988, 52(2), 443–448.
- [9] B. Khemakhem., M. Ben Ali., N. Aghajari., M. Juy., R. Haser and S. Bejar. Engineering of the α -amylase from *geobacillus stearothermophilus* US100 for detergent incorporation. *Biotechnol. Bioeng.* 2009, 102(2), 380–389.
- [10] K. Memiliki. Artikel Penelitian Pemurnian dan Karakterisasi Novel α - Amilase dari *Bacillus subtilis*. 2011, 12(1), 255–261.
- [11] B. Mohamed Babiker., M. Abd Elmahamoud Ahmed and H. Ibrahim. Isolation & Identification of Catalase Producing *Bacillus* spp: A Comparative Study. *Int. J. Adv. Res.* 2016, 4(2), 1206–1211.
- [12] E. Demırkan and M. Basil. Produksi , pemurnian , dan karakterisasi α -amilase oleh *Bacillus subtilis* dan turunan mutannya. 2011, 35, 705–712.
- [13] J. K. Roy., A. K. Manhar., D. Nath., M. Mandal and A. K. Mukherjee. Cloning and extracellular expression of a raw starch digesting α -amylase (Blamy-I) and its application in bioethanol production from a non-conventional source of starch. *J. Basic Microbiol.* 2015, 55(11), 1287–1298.
- [14] S. Ağuloğlu Fincan., B. Enez, S., Özdemir and F. Matpan Bekler. Purification and characterization of thermostable α -amylase from thermophilic *Anoxybacillus flavithermus*. *Carbohydr. Polym.* 2014, 102(1), 144–150.
- [15] R. Du *et al.* Purification and characterization of novel thermostable and Ca-independent α -amylase produced by *Bacillus amyloliquefaciens* BH072. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 115, 1151–1156.
- [16] N. Annamalai., R. Thavasi., S. Vijayalakshmi and T. Balasubramanian. Extraction Purification and Characterization of Thermostable, Alkaline Tolerant α -Amylase from *Bacillus cereus*. *Indian J. Microbiol.* 2011, 51(4), 424–429.
- [17] O. K. Achi and A. N. U. Nijoku-Obi. Production of a raw starch saccharifying amylase by *Bacillus alvei* grown on different agricultural substrates. *World J. Microbiol. Biotechnol.*

- 1992, 8(2), 206–207.
- [18] F. G. Winarno, *Enzim Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1995.
- [19] Maiti and Bidinger. Digital Repository Universitas Jember Digital Repository Universitas Jember. *J. Chem. Inf. Model.* 1981, 53(9), 1689–1699.
- [20] N. S. Wang. Experiment no. 5: Starch Hydrolysis by Amylase. *Univ. Maryl. Dep. Chem. Biomol. Eng.* 2009.
- [21] P. H. S. Sarah., Putra Surya Rosa. Isolasi α -Amilase Termotabil dari Bakteri Termofilik *Bacillus stearothermophilus*. *Pros. Skripsi.* 2010, (1–5).
- [22] M. Sahnoun., S. Bejar., A. Sayari., M. A. Triki., M. Kriaa and R. Kammoun. Production, purification and characterization of two α -amylase isoforms from a newly isolated *Aspergillus Oryzae* strain S2. *Process Biochem.* 2012, 47(1), 18–25.
- [23] S. Koswara, “Teknologi modifikasi pati,” *Eb. Pangan.com*, 2009.
- [24] A. A. Maulani., A. Firmansyah and A.Zainuddin. Pembuatan maltodekstrin dari pati ubi jalar (*ipomoea batatas. poir*) sebagai bahan tambahan sediaan farmasi. *Jstfi.* 2012 1(1), 32–37.
- [25] T. Cerna., S. Pangan and H. Herawati. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna sebagai Pangan Fungsional. *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.* 2016, 30(1), 31–39.
- [26] F. Fatmawati., F. M. Warganegara and M. Puspasari. Identifikasi Bakteri Potensial Penghasil Enzim Amilase, Selulase, Xilanase Dan Lipase Pada Fase Termofilik Kompos Manur Sapi. *J. Kesehat. Bakti Tunas Husada J. Ilmu-ilmu Keperawatan, Anal. Kesehat. dan Farm.* 2016, 16(1), 69.
- [27] F. Fatmawati. Identifikasi Bakteri Potensial Pada Fase Pematangan Kompos Manur. *J. Pharmacopolium.* 2018, 1(1), 9–12.
- [28] P. Bernfeld. Amylases, alpha and beta. *Methods Enzymol.* 1955, 1(540), 149–158.
- [29] O. H. Lowry., N. J. Roserbrough., A. L. Farr and N. J. Randall. Estimation of total protein. *J. Biol. Chem.* 1951, 193(265).
- [30] F. Francis *et al.*, “Use of response surface methodology for optimizing process parameters for the production of α -amylase by *Aspergillus oryzae*. *Biochem. Eng. J.* 2003, 15(2), 107–115.
- [31] U. K. LAEMMLI. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature.* 1970 , 227(5259), 680–685.
- [32] S. MITSUNAGA., O. KAWAKAMI., T. NUMATA., J. YAMAGUCHI., K. FUKUI and T. MITSUI. Polymorphism in Rice Amylases at an Early Stage of Seed Germination. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2001 ,65(3), 662–665.
- [33] F. Xie *et al.*. Purification and characterization of a novel α -amylase from a newly isolated *Bacillus methylotrophicus* strain P11-2. *Process Biochem.* 2014, 49(1), 47–53.
- [34] S. Bano., S. A. U. Qader., A. Aman., M. N. Syed and A. Azhar. Purification and characterization of novel α -amylase from *bacillus subtilis* KIBGE HAS. *AAPS PharmSciTech.* 2011, 12(1), 255–261.
- [35] Y. H. Liu., F. P. Lu., Y. Li., J. L. Wang and C. Gao. Acid stabilization of *Bacillus licheniformis* alpha amylase through introduction of mutations. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2008, 80(5), 795–803.
- [36] H. Lee *et al.* Artikel Karakterisasi dan Penerapan BiLA , Psikrofilik α -Amilase dari *Bifidobacterium longum*. 2016.
- [37] G. Aguilar., J. Morlon-Guyot., B. Trejo-Aguilar., and J. P. Guyot. Purification and characterization of an extracellular α -amylase produced by *Lactobacillus manihotivorans*

- LMG 18010(T), an amylolytic lactic acid bacterium. *Enzyme Microb. Technol.* 2000, 27(6), 406–413.
- [38] A. Asoodeh., J. K. Chamani., and M. Lagzian. A novel thermostable, acidophilic α -amylase from a new thermophilic 'Bacillus sp. Ferdowsicous' isolated from Ferdows hot mineral spring in Iran: Purification and biochemical characterization. *Int. J. Biol. Macromol.* 2010, 46(3), 289–297.
- [39] N. Hmidet., H. Maalej., A. Haddar., and M. Nasri. A novel α -Amylase from *Bacillus mojavensis* A21: Purification and biochemical characterization. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2010, 162(4), 1018–1030.
- [40] S. K. Sudan., N. Kumar., I. Kaur., and G. Sahni. Production, purification and characterization of raw starch hydrolyzing thermostable acidic α -amylase from hot springs, India. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 117, 831–839.
- [41] N. Mollania., K. Khajeh., S. Hosseinkhani., and B. Dabirmanesh. Purification and characterization of a thermostable phytate resistant α -amylase from *Geobacillus* sp. LH8. *Int. J. Biol. Macromol.* 2010, 46(1), 27–36.
- [42] S. Erdal and M. Taskin. Production of α -amylase by *Penicillium expansum* MT-1 in solid-state fermentation using waste loquat (*Eriobotrya japonica* Lindley) kernels as substrate. *Rom. Biotechnol. Lett.* 2010, 15(3), 5342–5350.
- [43] D. P. Sari. ISOLASI, PURIFIKASI DAN KARAKTERISASI α -AMILASE DARI *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3012. *Chem Info J.* 2013, 1(1), 337–344.
- [44] T. Khairun Nisa., Wuryanti. Isolasi, Karakterisasi dan Amobilisasi α -Amilase dari *Aspergillus niger* FNCC 6018. *Integr. Clim. Prot. Cult. Herit. Asp. Policy Dev. Plans. Free Hanseatic City Hambg.* 2013, 26(4), 1–37.
- [45] E. Nurhartadi and E. S. Rahayu. Isolasi dan karakterisasi yeast amilolitik dari ragi tape isolation and characterization of amylolytic yeast from ragi tape. *J. Teknol. Has. Pertan.* 2011, 4(1), 66–73.
- [46] N. Ohno *et al.* Purification and Properties of Amylases Extracellularly Produced by an Imperfect Fungus, *Fusidium* sp. BX-1 in a Glycerol Medium. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 1922, 56(3), 465–471.
- [47] R. Zonouzi., K. Khajeh., M. Monajjemi., and N. Ghaemi. Role of the salt bridge between Arg176 and Glu126 in the thermal stability of the *Bacillus amyloliquefaciens* α -amylase (BAA). *J. Microbiol. Biotechnol.* 2013, 23(1), 7–14, 2013.
- [48] M. Teknik., T. M. Basis., B. Diseases., R. Manuscript., and R. December. Calcium Binding in α -Amylases: An X-ray Diffraction Study at 2.1. 1990, 6244–6249.
- [49] Ainezzahira., H. D. Multri., W. El Kiyat., N. Nacing., and D. W. Dari. Review: Pemanfaatan Enzim Alpha -amilase pada Modifikasi Pati Singkong sebagai Substitusi Gelatin Produk Marsmallow Utilization of Alpha-Amilase in Cassava Starch Modification as Gelatin Substitution at Marsmallow Product. *J. Agroindustri Halal.* 2019, 5(2), 220–227.
- [50] S. Babacan and A. G. Rand. Characterization of honey amylase. *J. Food Sci.* 2007, 72(1), C050–C055.
- [51] A. Safari *et al.* Penggunaan Enzim α -Amilase dari *Saccharomycopsis fibuligera* R64 untuk Peningkatan Kualitas Roti Komposit Terigu-Ubi Jalar Ungu. *Al-Kimia.* 2017, 5(2), 193–207.
- [52] D. R. Nagarajan., G. Rajagopalan., and C. Krishnan. Purification and characterization of a maltooligosaccharide-forming α -amylase from a new *Bacillus subtilis* KCC103. *Appl.*

- Microbiol. Biotechnol.* 2006, 73(3), 591–597.
- [53] Z.-Q. Yang., Y.-N. Li., Z.-F. Zhang., Y. Wang., and G.-F. Shen. Expression of the gene coding for a thermostable alpha-amylase from *Pyrococcus furiosus* in *Chlamydomonas reinhardtii* chloroplast. *Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao.* 2006, 22(4), 545–549.
- [54] T. Erban., M. Erbanova., M. Nesvorna., and J. Hubert. The importance of starch and sucrose digestion in nutritive biology of synanthropic acaridid mites: α -amylases and α -glucosidases are suitable targets for inhibitor-based strategies of mite control. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 2009, 71(3), 139–158.
- [55] S. Unji., Anharullah., and Muzuni. Pengaruh Penambahan Enzim α -amilase Terhadap Karakteristik Sirup Glukosa dari Pati dan Ampas Sagu (*Metroxilon Sp*) dari Pengolahan Sagu Moramo Utara. *J. Sains dan Teknol. Pangan.* 2016, 1(3), 255–263.
- [56] M. Ueda., T. Asano., M. Nakazawa., K. Miyatake., and K. Inouye. Purification and characterization of novel raw-starch-digesting and cold-adapted α -amylases from *Eisenia foetida*. *Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol.* 2008, 150(1), 125–130.
- [57] D. G. Syed., D. Agasar., and A. Pandey. Production and partial purification of α -amylase from a novel isolate *Streptomyces gulbargensis*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2009, 36(2), 189–194.
- [58] B. L. Tee and G. Kaletunç. Immobilization of a thermostable α -amylase by covalent binding to an alginate matrix increases high temperature usability. *Biotechnol. Prog.* 2009, 25(2), 436–445.
- [59] J. Y. Damián-Almazo., A. Moreno., A. López-Munguía., X. Soberón., F. González-Muñoz., and G. Saab-Rincón. Enhancement of the alcoholytic activity of α -amylase AmyA from *Thermotoga maritima* MSB8 (DSM 3109) by site-directed mutagenesis. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008, 74(16), 5168–5177.
- [60] Y. chuan Wang., N. Zhao., J. wen Ma., J. Liu., Q. jian Yan., and Z. qiang Jiang. High-level expression of a novel α -amylase from *Thermomyces dupontii* in *Pichia pastoris* and its application in maltose syrup production. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019, 127, 683–692.
- [61] A. M. Fuadi and H. Sulistyia. Pemutihan Pulp Dengan Hidrogen Peroksida. *Reaktor.* 2008, 12(2), 123–128.
- [62] S. Silaban and P. Simamora. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Amilase dari Sampel Air Tawar Danau Toba. *EduChemia (Jurnal Kim. dan Pendidikan).* 2018, 3(2), 222.
- [63] I. Funke and M. F. Melzig. Effect of different phenolic compounds on α -amylase activity: Screening by microplate-reader based kinetic assay. *Pharmazie.* 2005, 60(10), 796–797.
- [64] R. Tundis., M. R. Loizzo., and F. Menichini. Natural Products as α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitors and their Hypoglycaemic Potential in the Treatment of Diabetes: An Update. *Mini-Reviews Med. Chem.* 2010, 10(4), 315–331.
- [65] B. Wahyuntari. Penghambat α -amilase: Jenis, Sumber, Dan Potensi Pemanfaatannya Dalam Kesehatan. *Lab. Pengemb. Teknol. Ind. Agro-Biomedika.* 2011, 22(2), 197–201.
- [66] N. K. Soni *et al.* A Review of Digestive Enzyme and Probiotic Supplementation for Functional Gastrointestinal Disorders. 2020, 73(3), 35–39.
- [67] O. C. Swami and N. J. Shah. Functional dyspepsia and the role of digestive enzymes supplement in its therapy. *Int. J. Basic Clin. Pharmacol.* 2017, 6(5), 1035.
- [68] S. Risoyatiningsih. Hidrolisis pati ubi jalar kuning menjadi glukosa secara enzima. *J. Tek. Kim.* 2011, 5(2), 417–424.
- [69] Yunianta., T. Sulisty., T. Estiasih., and N. Wulan. Hidrolisis Secara Sinergis Pati Garut

- (*Marantha arundinaceae* L.) Oleh Enzim Amylase, Glukoamilase dan Pullunase Untuk Produksi Sirup Glukosa. *J. Teknol. Pertan.* 2010, 11, 78–86.
- [70] U. R. Ernawati., L. U. Khasanah., and R. B. K. Anandito. The Effect of Variation Dextrose Equivalents Maltodextrin Values on the Microencapsulant Characteristic of Teak Leaves (*Tectona Grandis* L.f) Natural Dye. *J. Teknol. Pertan.* 2014, 15(2), 111–120.
- [71] Meriatna. Hidrolisa Tepung Sagu Menjadi Maltodektrin Menggunakan Asam Klorida Meriatna,” *J. Teknol. Kim. Unimal.* 2013 , 2, Mei, 38–48.
- [72] Y. Dumoulin., L. H. Cartilier., and M. A. Mateescu. Cross-linked amylose tablets containing α -amylase: An enzymatically-controlled drug release system. *J. Control. Release.* 1999, 60(2–3), 161–167.
- [73] R. A. Arfah., A. Ahmad., S. Dali., M. N. Djide., Mahdalia., and A. R. Arif. Utilization of α -amylase enzyme from *Bacillus stearothermophilus* RSAII1B for maltodextrin production from sago starch. *J. Phys. Conf. Ser.* 2018, 979(1).
- [74] M. Pentury., H. Nursyam., N. Harahap., and S. Soemarno. Karakterisasi Maltodektrin Dari Pati Hipokotil Mangrove (*Bruguiera Gymnorhiza*) Menggunakan Beberapa Metode Hidrolisis Enzim. *Indones. Green Technol. J.* 2013, 2(1), 53–60.
- [75] A. Laga., A. Dirpan., and A. A. Anshari. Pengaruh Konsentrasi Substrat Pada Pembuatan Maltodektrin Dari Substrat Pati Sagu (Effect Of Substrate Concentration Variation In Maltodextrin Production From Sago Starch). 2018, 20, 23–30.