

REVIEW ARTIKEL: AKTIVITAS ENZIM AMILASE DARI BAKTERI ASAM LAKTAT (KARAKTERISTIK DAN APLIKASI)

REVIEW ARTICLE: ACTIVITIES ENZYME AMYLASE FROM LACTAT ACID BACTERIA (CHARACTERIZATION AND APPLICATION)

Burhan Ramadhan and Prima Retno Wikandari*

*Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Negeri Surabaya*

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

**Corresponding author, email: primaretno@unesa.ac.id*

Abstrak. Aktivitas enzim adalah kemampuan enzim dalam mengubah sejumlah mol substrat menjadi produk per satuan waktu. Salah satu enzim yang memiliki aktivitas enzim adalah amilase. Amilase adalah enzim ekstraseluler yang mempunyai kemampuan mendegradasi ikatan 1,4-glikosidik pada polimer pati menjadi oligosakarida dengan panjang rantai yang berbeda-beda. Amilase dapat dihasilkan oleh mikroorganisme yaitu bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat mempunyai kondisi optimum meliputi suhu, pH, substrat dan waktu inkubasi untuk menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum. Secara umum bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim maksimum pada pH asam, suhu ruang, substrat pati dan waktu inkubasi antara 22 - 40 jam yang terjadi pada fase log dan fase stasioner. Selain itu, amilase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat juga memiliki aktivitas enzim secara maksimum yang terjadi pada kondisi optimum yaitu pada pH 4 - 6 dan suhu 40 - 50°C. Karakteristik amilase yang memiliki kondisi optimum spesifik, membuat amilase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat dapat diterapkan pada bidang industri, terutama dalam mendegradasi pati. Berdasarkan uraian di atas, maka review artikel ilmiah ini mengulas tentang (1) kondisi optimum bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum (2) karakteristik enzim amilase dari bakteri asam laktat dan (3) Aplikasi enzim amilase dari bakteri asam laktat di bidang industri.

Kata kunci: enzim amilase, bakteri asam laktat, karakteristik enzim amilase dan aplikasi.

Abstract. Enzyme activity is the ability of the enzyme to convert a number of moles of substrate into products per unit time. One of the enzymes that have enzyme activity is amylase. Amylase is an extracellular enzyme that has the ability to degrade 1,4-glycosidic bonds in starch polymers into oligosaccharides with different chain lengths. Amylase can be produced by microorganisms, namely lactic acid bacteria. Lactic acid bacteria have optimum conditions including temperature, pH, substrate and incubation time to produce maximum amylase enzyme activity. In general, lactic acid bacteria produce maximum enzyme activity at acidic pH, room temperature, starch substrate and incubation time between 22 - 40 hours which occurs in the log phase and the stationary phase. In addition, the amylase produced by lactic acid bacteria also has maximum enzyme activity that occurs at optimum conditions, namely at pH 4-6 and temperatures of 40-50°C. The characteristics of amylase which have specific optimum conditions make the amylase produced by lactic acid bacteria applicable in industrial fields, especially in degrading starch. Based on the description above, the review of this scientific article reviews (1) the optimum conditions of lactic acid bacteria in producing maximum amylase enzyme activity (2) the characteristics of the amylase enzyme from lactic acid bacteria and (3) the application of the amylase enzyme from lactic acid bacteria in the industrial sector.

Keywords: enzyme amylase, lactat acid bacteria, characterization enzyme amylase and application.

1. Pendahuluan

Amilase adalah enzim ekstraseluler yang mempunyai kemampuan mendegradasi ikatan 1,4-glikosidik pada polimer pati menjadi glukosa, maltosa dan dekstrin [1]. Amilase dapat diklarifikasi menjadi tiga yaitu alfa amilase (α -amilase), beta amilase (β -amilase) dan gamma amilase (γ -amilase) [2]. α -amilase merupakan jenis enzim endoamilase, sedangkan β -amilase merupakan jenis enzim eksoamilase [3].

α -amilase bekerja memutus ikatan 1,4-glikosidik secara acak yang terdapat pada bagian dalam pati. Produk akhir pati yang didegradasi oleh enzim α -amilase adalah oligosakarida dengan panjang rantai yang berbeda-beda. Sedangkan β -amilase bekerja memutus ikatan 1,4-glikosidik yang terdapat pada bagian luar pati menjadi glukosa, amilopektin dan dekstrin. Sifat α -amilase yang dapat memutus ikatan 1,4-glikosidik secara acak bagian dalam pati, menyebabkan α -amilase bekerja lebih cepat dibanding amilase lainnya terutama β -amilase [3].

Amilase dapat ditemui pada berbagai makhluk hidup seperti manusia, mikroorganisme dan jamur. Salah satu jenis mikroorganisme yang menghasilkan aktivitas enzim adalah bakteri asam laktat [4]. Bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase didukung oleh kondisi lingkungan meliputi pH, suhu, substrat dan waktu inkubasi [5]. Selain kondisi lingkungan, menurut beberapa penelitian, jenis bakteri asam laktat juga berperan dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum.

Amilase secara umum aktif pada pH asam. pH berperan penting dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase. Amilase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat jenis *L. fermentum* 04BBA19 memiliki aktivitas enzim maksimum pada kondisi lingkungan pH 4-5,5 [6]. Namun ada juga amilase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat jenis *L. plantarum* memiliki aktivitas enzim maksimum pada kondisi lingkungan pH netral dan pH basa [5][7].

Suhu optimum adalah suhu lingkungan yang menyebabkan amilase dapat menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum. Amilase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat jenis *L. manihottivorans* LMG 1810 memiliki aktivitas enzim maksimum pada suhu ruang [8].

Sedangkan amilase yang ditempatkan pada suhu terlalu tinggi akan mengalami denaturasi enzim [9].

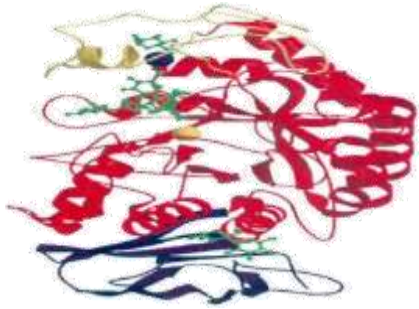
Amilase juga dapat digunakan dalam pengolahan bidang industri, terutama dalam mendegradasi pati. Amilase juga sudah di aplikasikan dalam proses industri pangan, industri tekstil dan industri *Petroleum Wells*. Amilase memiliki karakteristik yang berperan penting dalam aktivitas enzim yang berperan dalam mendegradasi pati menjadi oligosakarida yang lebih sederhana. Selain itu, kecocokan antara kondisi lingkungan dalam pengolahan industri dengan karakteristik amilase sangat diperlukan agar didapatkan produk yang diinginkan.

Berdasarkan uraian di atas, maka review artikel ilmiah ini mengulas tentang (1) kondisi optimum bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum (2) karakteristik enzim amilase dari bakteri asam laktat dan (3) Aplikasi enzim amilase dari bakteri asam laktat di bidang industri.

2. Struktur dan Fungsi Amilase

Amilase adalah enzim yang memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki kemampuan mengikat substansi yang spesifik [1]. Amilase dapat diklarifikasi menjadi tiga yaitu alfa amilase (α -amilase), beta amilase (β -amilase) dan gamma amilase (γ -amilase) [2]. α -amilase adalah enzim jenis endoamilase yang bekerja memutus ikatan 1,4-glikosidik dari bagian dalam amilosa atau amilopektin. Produk akhir amilosa atau amilopektin yang didegradasi oleh enzim α -amilase adalah oligosakarida dengan panjang rantai yang berbeda-beda. α -amilase bertindak memutus rantai secara acak di sepanjang rantai pati, sehingga menghasilkan maltotriosa dan maltosa dari amilosa, atau maltosa, glukosa dan dekstrin dari amilopektin. Kemampuan α -amilase dalam memutus rantai pati secara acak, menyebabkan α -amilase cenderung bereaksi lebih cepat dibandingkan amilase lainnya terutama β -amilase. β -amilase adalah enzim yang dapat mengubah konfigurasi anomerik maltosa yang dibebaskan dari α menjadi β . Sedangkan γ -amilase adalah enzim yang bekerja memotong ikatan 1,6-glikosidik serta memotong 1,4

glikosidik di bagian amilosa dan amilopektin yang tidak tereduksi [3].



Gambar 1. Struktur α -Amilase.

Gambar 1. merupakan struktur α -amilase. Amilase tersusun dari 512 asam amino dalam satu rantai oligosakarida dengan berat molekul 57,6 kDa. Warna merah, biru dan kuning pada struktur α -amilase menggambarkan penyusun bagian dari protein α -amilase. Warna hijau pada struktur α -amilase menggambarkan sisi aktif α -amilase dalam mengikat substrat yang spesifik [10].

Salah satu peran amilase adalah sebagai katalis. Amilase berperan sebagai katalis terjadi pada saat reaksi hidrolisis pati. Pada reaksi hidrolisis, amilase mendegradasi ikatan 1,4-glikosidik di bagian dalam dari pati dan menghasilkan senyawa maltosa, dekstrin dan glukosa [11].

Cara kerja amilase pada molekul amilosa terjadi 2 tahap. Tahap pertama adalah degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas yang cepat. Tahap kedua adalah relatif sangat lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir. Sedangkan cara kerja amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa, dan dextrin. Jenis dextrin yaitu oligosakarida yang terdiri dari 4 atau lebih residu gula yang mengandung ikatan 1,6-glikosidik [12].

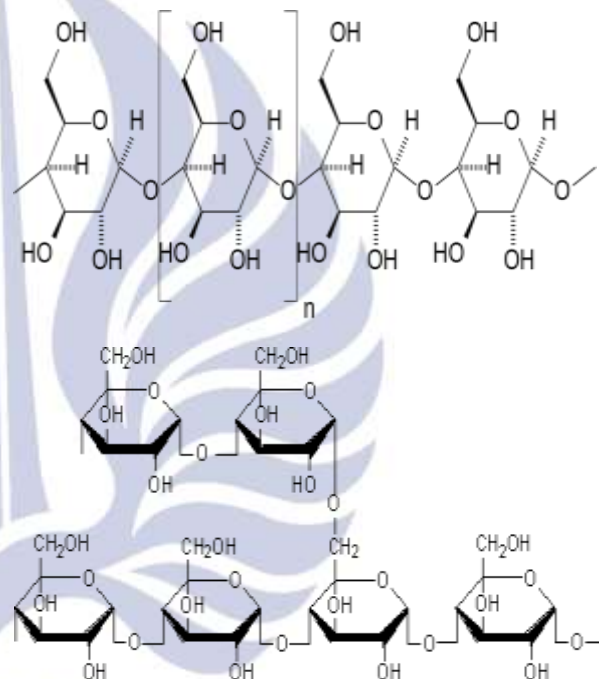
3. Amilum

Amilum adalah polimer karbohidrat dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Karbohidrat dari amilum termasuk polisakarida yang tersusun dari molekul-molekul monosakarida. Polisakarida merupakan molekul-molekul monosakarida yang dapat tersusun secara rantai

lurus atau bercabang dan dapat dihidrolisis dengan enzim yang spesifik [12].

Karbohidrat golongan polisakarida ini banyak terdapat di alam, terutama pada sebagian besar tumbuhan. Amilum dalam bahasa sehari-hari disebut juga pati terdapat pada umbi, daun, batang dan biji-bijian. Amilum disusun oleh dua kelompok polisakarida yaitu amilosa, kira kira 20–28% dan amilopektin sebagai sisanya. Adapun struktur amilosa dan amilopektin ditunjukkan pada Gambar 2 [13].

A. Amilosa



B. Amilopektin

Gambar 2. (A) Struktur Amilosa dan (B) Struktur Amilopektin.

Baik amilosa maupun amilopektin memiliki monomer yang sama yaitu molekul glukopiranos. Amilosa terdiri dari 100-10000 unit D-glukopiranos per molekulnya, yang tiap unitnya berikatan lewat ikatan 1,4-glikosidik. Tiap rantai polimer molekulnya memiliki satu ujung gula tereduksi dan satu ujungnya lagi gula non reduksi sehingga molekul amilosa merupakan rantaiterbuka.

Amilopektin merupakan rantai molekul polisakarida yang memiliki banyak percabangan. Molekul D-glukopiranos yang menjadi unit monomernya yang berikatan lewat ikatan 1,4-glikosidik seperti pada amilosa yang membentuk

rantai lurus dan ikatan 1,6-glikosidik yang membentuk percabangan pada rantai amilopektin tersebut [13].

4. Kondisi Optimum Bakteri Asam Laktat Dalam Menghasilkan Enzim Amilase Secara Maksimum

4.1 Suhu dan pH

Suhu dan pH merupakan kondisi lingkungan yang berperan penting bagi bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase

secara maksimum. Bakteri asam laktat yang ditempatkan pada suhu dan pH optimum dapat mengalami pertumbuhan yang lebih cepat dan dapat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum. Berdasarkan beberapa penelitian, bakteri asam laktat memiliki suhu dan pH optimum yang spesifik dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum. Adapun kondisi suhu dan pH bakteri asam laktat dalam menghasilkan enzim amilase secara maksimum ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi suhu dan pH bakteri asam laktat dalam menghasilkan enzim amilase secara maksimum.

No	Jenis Bakteri	Kondisi Optimum		Aktivitas Enzim (U/ml)	Sumber Pustaka (Acuan)
		Suhu (°C)	pH		
1.	<i>L.plantarum</i> D240	37	4,65	2,57	[4]
2.	<i>L.mesenteroides</i> SU-LS 67	37	3,68	2,50	[4]
3.	<i>L.plantarum</i> A.S1.2	30	4	0,7	[5]
4.	<i>L.plantarum</i> B.S1.6	30	4	0,75	[5]
5.	<i>L.Fermentum</i> 04BBA19	45	3,5	107,3	[6]
6.	<i>L.plantarum</i> MTCC 1407	35	7	4022	[14]
7.	<i>L.chungangensis</i>	25	7	11	[15]
8.	<i>L. lactics</i>	25	7	10	[15]
9.	<i>L. casei</i>	60	6	4,8	[16]

Bakteri asam laktat dapat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada suhu dan pH tertentu. Secara umum bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu ruang. Jenis bakteri *L.plantarum* D240, *L.chungangensis*, *L.plantarum* A.S1.2, *L.plantarum* B.S1.6, *L.plantarum* MTCC1407, *L. lactics* dan *L.mesenteroides* SU-LS 67 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada suhu 25 - 37°C. Namun, ada juga bakteri asam laktat yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu tinggi. Bakteri *L.Fermentum* 04BBA19 dan *L. casei* adalah bakteri asam laktat yang menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada suhu 45 - 60°C.

Secara umum bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada pH asam. Jenis bakteri *L.plantarum* A.S1.2, *L.plantarum*

B.S1.6, *L.plantarum* D240, *L.mesenteroides* SU-LS 67, dan *L.plantarum* MTCC 1407 dapat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH 3,5 - 4. Beberapa bakteri asam laktat ada juga yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada pH netral. Bakteri *L.plantarum* MTCC 1407 adalah salah satu bakteri asam laktat yang menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH 7. Berdasarkan uraian diatas, bakteri *L.chungangensis*, *L.plantarum* A.S1.2, *L.plantarum* B.S1.6, *L.plantarum* MTCC 1407, *L.plantarum* D240, *L. lactic*, *L.mesenteroides* SU-LS 67, *L. casei* dan *L.Fermentum* memiliki kondisi suhu dan pH optimum yang berbeda dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum. Adanya perbedaan bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum dapat disebabkan oleh jenis bakteri,

dimana setiap bakteri memiliki kondisi suhu dan pH optimum yang spesifik dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum.

4.2 Konsentrasi Substrat Pati

Konsentrasi substrat mempengaruhi kecepatan reaksi. Konsentrasi substrat yang terlalu rendah dapat mengakibatkan reaksi menjadi rendah, tetapi kecepatan ini akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat. Sedangkan pada saat kecepatan reaksi maksimum, enzim menjadi jenuh oleh substratnya dan tidak dapat berfungsi lebih cepat, maka konsentrasi substrat berperan penting dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum [17]. Salah satu substrat yang dibutuhkan bakteri asam laktat sebagai sumber nutrisi adalah pati.

Beberapa bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim amilase dan menghidrolisis pati. Berdasarkan beberapa penelitian bakteri asam laktat yang difermentasi pada media diperkaya pati dapat menghasilkan aktivitas enzim amilase. Bakteri *L. plantarum* A.S1.2 dan *L. plantarum* B.S1.6 saat difermentasi dengan media diperkaya pati 2% menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 0,7 U/ml dan 0,75 U/ml [5]. Pada penelitian lain, bakteri *L. fermentum* 04BBA19 yang difermentasi dengan media diperkaya pati 1% menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 107,3 U/ml [6]. Pati dengan konsentrasi 1% dan 2% merupakan konsentrasi yang dapat digunakan dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum.

4.3 Waktu Inkubasi

Waktu inkubasi berhubungan dengan kurva pertumbuhan bakteri. Seiring berjalannya waktu inkubasi, bakteri asam laktat mengalami beberapa fase. Kurva pertumbuhan bakteri asam laktat memiliki empat fase yaitu fase lag, fase log, fase stasioner dan fase kematian. Fase lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan. Fase log merupakan fase yang ditandai pertumbuhan yang cepat. Fase stasioner merupakan fase pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematian. Fase

kematian merupakan fase pada saat bakteri mengalami laju kematian lebih besar. Waktu inkubasi dan fase pertumbuhan bakteri juga berperan penting dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum.

Tabel 2. Kondisi Waktu inkubasi bakteri asam laktat dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum.

No	Jenis Bakteri	Waktu Inkubasi (Jam)	Aktivitas Enzim (U/ml)	Sumber Pustaka (Acuan)
1.	<i>L. plantarum</i> D240	24	2,57	[4]
2.	<i>L. mesentroi</i> des SU-LS 67	24	2,50	[4]
3.	<i>L. plantarum</i> A.S1.2	22	0,7	[5]
4.	<i>L. plantarum</i> B.S1.6	40	0,75	[5]
5.	<i>L. fermentum</i> 04BBA19	40	107,3	[6]

Berdasarkan beberapa penelitian, bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada waktu inkubasi tertentu. Bakteri *L. plantarum* A.S1.2 yang di fermentasi dengan media diperkaya pati menghasilkan aktivitas enzim amilase sebesar 0,1 U/ml pada waktu inkubasi ke-18 jam. Selanjutnya pada waktu inkubasi ke-22 jam bakteri *L. plantarum* A.S1.2 mengalami fase log pertumbuhan bakteri yang ditandai dengan jumlah populasi bakteri tertinggi sebesar 4×10^8 CFU/ml. Pertumbuhan populasi bakteri tertinggi pada waktu inkubasi ke-22 jam juga diikuti dengan jumlah aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 0,7 U/ml. Setelah waktu inkubasi ke-22 jam, bakteri *L. plantarum* A.S1.2 mengalami penurunan aktivitas enzim amilase menjadi 0,3 U/ml [5].

Bakteri *L. fermentum* 04BBA19 yang difermentasi dengan media diperkaya pati pada waktu inkubasi ke-10 jam menghasilkan aktivitas enzim amilase sebesar 0,1 U/ml. Selanjutnya pada waktu inkubasi ke-40 jam bakteri *L. fermentum* 04BBA19 mengalami fase log pertumbuhan yang ditandai dengan jumlah populasi tertinggi sebesar

$1,1 \times 10^8$ CFU/ml. Pertumbuhan populasi bakteri tertinggi pada waktu inkubasi ke-40 jam juga diikuti dengan jumlah aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 107,3 U/ml. Setelah waktu inkubasi ke-40 jam, bakteri *L. fermentum* 04BBA19 mengalami penurunan aktivitas enzim amilase menjadi 100 U/ml [18].

Bakteri *L. plantarum* D240 dan *L. mesentroides* SU-LS 67 yang difermentasi dengan media talas pada waktu inkubasi ke-24 jam menghasilkan aktivitas enzim. Bakteri *L. plantarum* D240 mengalami fase log pertumbuhan bakteri pada waktu inkubasi ke-24 jam yang ditandai dengan pertumbuhan bakteri tertinggi sebesar 9,28 CFU/ml dan diikuti aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 2,57 U/ml. Sedangkan pada bakteri *L. mesentroides* SU-LS 67 mengalami fase log pertumbuhan bakteri pada waktu inkubasi ke-18 jam sampai ke-24 jam. Pada waktu inkubasi ke-24 jam bakteri *L. mesentroides* SU-LS 67 mengalami pertumbuhan bakteri tertinggi sebesar 9,40 CFU/ml dan diikuti aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 2,50 U/ml [4].

Sedangkan pada jenis bakteri *L. plantarum* B.S1.6 yang di fermentasi dengan media diperkaya pati pada waktu inkubasi ke-14 jam mengalami pertumbuhan bakteri dengan jumlah populasi bakteri tertinggi sebesar 2×10^8 CFU/ml. Setelah waktu inkubasi ke-14 jam, bakteri *L. plantarum* B.S1.6 mengalami fase stasioner yang ditandai dengan laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Pada fase stasioner yang terjadi pada waktu inkubasi ke-40 jam, bakteri *L. plantarum* B.S1.6 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum sebesar 0,75 U/ml [5].

Berdasarkan uraian diatas, bakteri asam laktat dapat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada waktu inkubasi tertentu yang terjadi pada fase log dan fase stasioner. Bakteri *L. plantarum* A.S1.2, *L. plantarum* D240, *L. mesentroides* SU-LS 67 dan *L. fermentum* 04BBA19 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada waktu inkubasi ke-22 jam sampai ke-40 jam yang terjadi pada fase log pertumbuhan. Aktivitas

enzim amilase yang terjadi pada fase log pertumbuhan sejalan dengan teori pertumbuhan bakteri. Pada fase log pertumbuhan dapat diikuti oleh jumlah populasi bakteri tertinggi. Pada fase ini mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Sehingga bakteri asam laktat pada fase log pertumbuhan dapat mengalami jumlah populasi pertumbuhan tertinggi dan diikuti aktivitas enzim amilase secaramaksimum.

Sedangkan bakteri *L. plantarum* B.S1.6 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada waktu inkubasi ke-40 jam yang terjadi pada fase stasioner. Pada fase stasioner jumlah populasi bakteri tertinggi sudah dilewati atau masih mengalami jumlah populasi bakteri tertinggi, dimana bakteri asam laktat mengalami laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Sehingga masih ada kemungkinan bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum.

Berdasarkan uraian diatas, terdapat perbedaan waktu inkubasi bakteri asam laktat jenis *L. plantarum* A.S1.2, *L. fermentum* 04BBA19, *L. plantarum* D240 dan *L. plantarum* B.S1.6 dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan jenis bakteri, sebab setiap bakteri memiliki kemampuan yang spesifik dalam beradaptasi dengan kondisi optimumnya [4][5][6].

4. Karakteristik Enzim Amilase dari Bakteri Asam Laktat

Aktivitas enzim adalah kemampuan enzim dalam mengubah sejumlah mol substrat menjadi produk per satuan waktu. Aktivitas enzim dapat ditunjukkan dalam satuan aktivitas relatif enzim (%) [18]. Aktivitas enzim amilase dapat ditentukan dengan mengukur hasil degradasi pati, dimana penurunan kadar pati yang larut atau dari kadar amilosa bereaksi dengan iodium akan berwarna coklat. Selain itu aktivitas enzim amilase dapat dinyatakan dengan cara pengukuran viskositas dan jumlah pereduksi yang terbentuk [12].

Karakteristik amilase berperan penting dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase. Beberapa

karakteristik amilase yang berperan dalam menghasilkan aktivitas enzim adalah kondisi suhu dan pH. Menurut beberapa penelitian menyatakan bahwa amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu

optimum. Adapun aktivitas enzim amilase dari bakteri asam laktat pada berbagai variasi suhu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas enzim amilase dari bakteri asam laktat pada berbagai variasi suhu

No	Amilase dari bakteri asam laktat	Aktivitas enzim amilase (%) pada berbagai variasi suhu (°C)							Sumber Pustaka (Acuann)
		30°C	40°C	45°C	50°C	60°C	70°C	80°C	
1	<i>L.plantarum</i> A.S1.2	40	80	-	100	25	25	-	[5]
2	<i>L.plantarum</i> B.S1.6	40	70	-	100	30	20	-	[5]
3	<i>L.fermentum</i> 04BBA19	50	60	-	80	95	100	90	[6]
4	<i>L.plantarum</i> S7	20	100	70	40	10	-	-	[7]
5	<i>L.manihotivorang</i> LMG 1810	100	100	-	70	0	0	0	[8]
6	<i>L.fermentum</i> EN38-44	55	100	90	55	-	-	-	[19]
7	<i>L.bulgaricus</i>	-	60	55	72	100	-	-	[20]
8	<i>L.plantarum</i> B110	-	81	100	66	43	-	-	[20]
9	<i>L.plantarum</i> S21	70	95	100	95	85	-	-	[21]
10	<i>Pediococcus ethanolidurans</i>	80	90	-	95	100	92	45	[22]

Amilase yang dihasilkan oleh berbagai jenis bakteri asam laktat memiliki suhu optimum yang spesifik. Amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu ruang yaitu suhu 30°C. Sedangkan secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 40 - 50°C. Namun ada juga amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu tinggi yaitu pada suhu 60 - 70°C.

Amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 30°C dihasilkan oleh bakteri *L.manihotivorang* LMG 1810. Sedangkan beberapa amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 40 - 50°C dihasilkan oleh bakteri *L.plantarum* S7, *L.manihotivorang* LMG 1810, *L.fermentum* EN38-44, *L.plantarum* S21 dan *L.plantarum* B110.

Namun ada juga enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu tinggi yaitu pada suhu 60 - 70°C. Beberapa amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu tinggi berasal dari bakteri *L.plantarum* A.S1.2, *L.plantarum* B.S1.6, *L.fermentum* 04BBA19, *L.bulgaricus* dan *Pediococcus ethanolidurans*.

Sifat amilase yang memiliki suhu optimum spesifik dan mengalami penurunan aktivitas enzim pada saat suhu semakin tinggi sesuai dengan teori enzim. Secara umum aktivitas enzim meningkat dengan kenaikan suhu sampai mengalami suhu optimum, dan selanjutnya setelah suhu optimum, aktivitas enzim akan menurun. Pada variasi suhu terjadi dua reaksi enzim yaitu reaksi enzim-substrat dan reaksi denaturasi enzim. Pada suhu dibawah optimum reaksi enzim-substrat lebih

dominan terjadi sampai terjadi suhu optimum. Namun setelah melewati suhu optimum secara perlahan reaksi denaturasi enzim akan lebih dominan sampai akhir proses reaksi [9].

Karakteristik lain amilase yang berperan dalam menghasilkan aktivitas enzim amilase

secara maksimum adalah kondisi lingkungan pH. Menurut beberapa penelitian menyatakan bahwa amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada pH optimum. Adapun aktivitas enzim amilase dari bakteri asam laktat pada berbagai variasi pH ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 4. Aktivitas enzim amilase dari bakteri asam laktat pada berbagai variasi pH

No	Amilase dari bakteri asam laktat	Aktivitas enzim amilase (%) pada berbagai macam pH							Sumber Pustaka (Acuan)
		3	4	5	5.5	6	7	8	
1.	<i>L.plantarum</i> A.S1.2	10	20	40	-	50	40	100	[5]
2.	<i>L.plantarum</i> B.S1.6	40	50	70	-	100	100	90	[5]
3.	<i>L.fermentum</i> 04BBA19	95	100	100	-	100	98	97	[6]
4.	<i>L.plantarum</i> S7	10	20	30	-	40	100	90	[7]
5.	<i>L.manihotivorans</i> LMG 1810	10	20	10	70	100	40	20	[8]
6.	<i>L.fermentum</i> EN38-44	-	-	80	100	60	50	-	[19]
7.	<i>L.bulgaricus</i>	-	-	96	100	60	75	-	[20]
8.	<i>L.plantarum</i> B110	-	-	86	100	57	56	-	[20]
9.	<i>L.plantarum</i> S21	60	90	100	-	90	60	40	[21]
10.	<i>Pediococcus</i> <i>ethanolidurans</i>	60	100	95	-	95	60	10	[22]

Secara umum enzim amilase memiliki kondisi pH yang spesifik dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum. Beberapa enzim amilase dapat menghasilkan aktivitas maksimum pada pH asam. Enzim amilase yang dihasilkan oleh bakteri *L.bulgaricus*, *L.plantarum* B110, *L.plantarum* S21, *L.fermentum* EN38-44, *L.fermentum* 04BBA19, *L.manihotivorans* LMG 1810 dan *Periococcus ethanolidurans* menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH asam yaitu pH 4 – 5. Sedangkan ada beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada rentang pH netral. Enzim amilase yang dihasilkan oleh bakteri *L.plantarum* B.S1.6 dan *L.plantarum* S7 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH 6 – pH 7. Selain itu, ada juga enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara

maksimum pada pH basa. Enzim amilase yang dihasilkan oleh bakteri *L.plantarum* A.S1.2 menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH 8. Namun ada juga amilase memiliki aktivitas enzim dengan rentang pH yang luas yaitu pada pH 3 – 8 [6].

6. Aplikasi Enzim Amilase dari Bakteri Asam Laktat di Bidang Industri

6.1 Industri Pembuatan Sirup Glukosa

Sirup glukosa adalah salah satu sediaan cair yang sudah dimanfaatkan dalam bidang industri. Menurut beberapa penelitian, enzim amilase berperan penting dalam tahap likuifikasi pada pembuatan sirup glukosa. Pada tahap likuifikasi, enzim amilase memecah molekul pati dari sisi bagian dalam rantai pati pada ikatan 1,4- glikosidik menjadi molekul dengan berat molekul (BM) lebih kecil yang meliputi glukosa, maltosa, dekstrin dan

oligosakarida yang dapat ditandai dengan semakin rendahnya viskositas larutan [23]. Pembuatan sirup glukosa pada tahap likuifikasi menggunakan enzim amilase yang difermentasi dengan pati jagung dilakukan pada berbagai variasi kondisi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Perbedaan kondisi lingkungan dilakukan pada berbagai variasi yaitu pada suhu 50 – 100°C dan pH 4 – 10. Pada tahap ini, enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 80°C dan pH 6 [24]. Sedangkan menurut penelitian lain, pada tahap likuifikasi pembuatan sirup glukosa berbahan singkong, enzim amilase yang di fermentasi pada kondisi suhu 50°C dan pH 6 menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum [25].

Berdasarkan uraian diatas, enzim amilase pada pembuatan sirup glukosa tahap likuifikasi menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 50°C dan 80°C. Secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 40 - 50°C. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada suhu 50°C berasal dari bakteri *L.plantarum* A.S1.2 dan *L.plantarum* B.S1.6 [5]. Suhu 80°C merupakan suhu tinggi dan bukan suhu optimum bagi enzim amilase dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum. Namun ada beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada suhu 80°C. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada suhu tersebut berasal dari bakteri *L.fermentum* 04BBA19 [6].

Selain itu, kondisi pH 6 merupakan kondisi optimum bagi enzim amilase dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada pH tersebut berasal dari bakteri *L.plantarum* B.S1.6, *L.fermentum* 04BBA19, *L.manihotivorans* LMG1810.

6.2 Industri Tekstil

Desizing adalah proses menurunkan dan menghilangkan kotoran pati dari kain. Proses desizing dapat dilakukan dengan larutan asam atau menggunakan enzim. Desizing menggunakan larutan asam dapat menghilangkan kotoran pati dari kain, namun juga dapat merusak kain. Sedangkan desizing menggunakan enzim dapat

digunakan dalam menghilangkan kotoran pati dari kain tanpa merusak kain.

Enzim amilase adalah enzim yang mempunyai kemampuan mendegradasi pati, larut dalam air dan memiliki efek nontoksik terhadap lingkungan. Penggunaan enzim amilase dalam proses desizing dapat di optimalkan dengan mengetahui karakteristik enzim amilase pada suhu dan pH optimum. Pada proses desizing dilakukan menggunakan enzim amilase yang diinkubasi pada berbagai kondisi lingkungan yaitu pada suhu 20 – 70°C dan pH 3 – 12. Pada tahap ini, enzim amilase mendegradasi substrat secara maksimum pada suhu 45°C dan pH 7 [26].

Secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada kondisi suhu 40 - 50°C. Kondisi suhu 45°C merupakan kondisi optimum bagi enzim amilase dalam menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada suhu tersebut berasal dari bakteri *L.plantarum* S21, *L.plantarum* S7, *L.fermentum* EN38-44 dan *L.plantarum* B110 [7][19][20][21]. Selain itu, secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada pH asam. Namun masih ada beberapa enzim amilase yang dapat menghasilkan aktivitas enzim pada kondisi pH netral yaitu pada pH 7. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada pH tersebut berasal dari bakteri *L.plantarum* B.S1.6, *L.fermentum* 04BBA19, *L.bulgaricus* dan *L.plantarum* S7 [5][6][7][20].

6.3 Industri Petroleum Wells

Industri *Petroleum Wells* adalah industri yang mencari dan mengambil hasil minyak bumi dengan cara pengeboran. Cairan bor pada proses pengeboran minyak bumi dapat mengalami pembentukan limbah padat maupun setengah padat.

Menghilangkan limbah padat merupakan langkah penting terkait produksi dan injeksi dalam sumur. Cairan pengeboran biasanya terdiri dari pati. Enzim amilase memiliki kemampuan dalam mendegradasi pati menjadi senyawa yang lebih sederhana. Berdasarkan beberapa penelitian limbah padat pada cairan bor berbahan pati dapat dihilangkan menggunakan enzim amilase yang dilakukan pada kondisi lingkungan suhu 30°C dan

pH 7 [27].

Secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada kondisi suhu 40 - 50°C. Pada kondisi suhu 30°C merupakan suhu ruang dan terdapat beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada suhu tersebut yang berasal dari bakteri *L.manihotivorans* LMG 1810, *L.plantarum* S21 dan *Pediococcusethanolidurans*. Selain itu, secara umum enzim amilase menghasilkan aktivitas enzim maksimum pada pH asam. Namun masih ada beberapa enzim amilase yang dapat menghasilkan aktivitas enzim pada kondisi pH netral yaitu pH 7. Beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim pada pH tersebut berasal dari bakteri *L.plantarum* B.S1.6, *L.fermentum* 04BBA19, *L.bulgaricus* dan *L.plantarum* S7 [5][6][70][20].

Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang sudah dipaparkan, enzim amilase adalah enzim yang dapat dimanfaatkan dalam bidang industri, terutama dalam mendegradasi pati. Enzim amilase dapat dihasilkan oleh bakteri asam laktat. Secara umum bakteri asam laktat menghasilkan aktivitas enzim amilase secara maksimum pada pH asam yaitu pada pH 3,5 – pH 4, suhu 25 – 37°C, substrat pati dan waktu inkubasi antara 22 jam – 40 jam yang terjadi pada fase log dan fase stasioner. Enzim amilase yang berasal dari bakteri asam laktat secara umum memiliki kondisi optimum pada rentang suhu 40 - 50°C. Namun beberapa enzim amilase dapat menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada rentang suhu tinggi yaitu pada suhu 60 – 70°C. Selain itu, enzim amilase secara umum juga memiliki kondisi pH optimum pada pH 4 – pH 6. Namun ada juga beberapa enzim amilase yang menghasilkan aktivitas enzim secara maksimum pada pH netral dan pH basa.

Daftar Pustaka

1. Nangin, Debora dan Aji Sutrisno. 2015. Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(3):1032-1039.
2. Gopinath, Subash C. B., PeriasamyAnbu, M. K. Md Arshad, Thangavel LakshmiPriya, Chung Hong Voon, Uda Hashim, and Suresh
3. Tiwari, S. P., R. Srivastava, C. S. Singh, P. Singh, R. Singh, N. L. Singh and R. Sharma. 2015. Amylases: An Overview With Special Reference To Alpha Amylase. *Journal of Global Biosciences* 4(1):1886-1901.
4. Setiarto, R. Haryo Bimo, Betty Sri Laksmi Jenie, Didah Nur Faridah, Iwan Saskiawan dan Sulistiani. 2015. Seleksi Bakteri Asam Laktat Penghasil Amilase dan Pululanase dan Apliednya Pada Fermentasi Talas. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 26(1):80-89.
5. Hattingh, M., Alexander, A., Meijering, I., Van Reenen, C. A., Dicks, L. M. T. 2015. Amylolitic Strain of *Lactobacillus plantarum* isolated from barley. *African Journal of Biotechnology* 14(4):310-318.
6. Tavea, Frédéric, Bertrand Tatsinkou Fossi, Nchanji Gordon Takop and Robert Ndjouenkeu. 2016. Extracellular Highly Thermostable α -Amylase from A Strain of *Lactobacillus Fermentum*: Production and Partial Characterization. *Journal of Microbiology Research* 6(3): 47-56.
7. Onilude, Anthony Abiodun, Gbenga Solomon Ayinla and Chika Eluehike. 2017. Properties of Alpha-amylase of *Lactobacillus plantarum* Isolated from Cassava Waste Samples. *Biotechnology Journal International* 19(1): 1-14.
8. Aguilar, G., J. Morlon-Guyot, B Trejo- Aguilar, J. P. Guyot. 2000. Purification and Characteriation An Extracellular α -Amylase Produced by *Lactobacillus manihotivorans* LMG 18010 An Amylolatic Acid Bacterium. *Enzyme and Mycrobial Technology* 27(2000): 406-413.
9. Schneyer, Leon H. 1951. The Effect of

- Temperature Changes Salivary Amylase Activity. *Journal of Dental Research* 30(1): 130-138.
10. Souza, De Paula Monteiro and Pérola de Oliveira e Magalhães. 2010. Application of Microbial α -Amylase In Industry-A Review. *Brazilian Journal of Microbiology* 41(4): 850-861.
 11. Riza, Muhammad. 2016. Pemanfaatan Limbah Kulit Ubi Kayu (*Manihot utilissima* Pohl.) dan Kulit Nanas (*Ananas comosus* L.) Pada Produksi Bioetanol Menggunakan *Aspergillus niger*. *The 3rd University Research Colloquium* 604-614.
 12. Winarno, F. G. (1995). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: GramediaPustaka.
 13. Poedjiadi, Anna. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.
 14. Panda, Smita H., Manas R. Swain, Shaktimay Kar, Ramesh C. Ray and Dider Montet. 2008. Statistical Optimization of α -Amylase Production by Probiotic *Lactobacillus Plantarum* MTCC1407 in Submerged Fermentation. *Polish Journal of Microbiology* 57(2): 149-155.
 15. Konkrit, Maytita and Wonyong Kim. 2016. Activities of Amylase, Protease and Lipase Enzymes from *Lactococcus chungangensis* and its Application In Dairy Product. *Journal of Dairy Science* 99(7):4999-5007.
 16. Akin-Osanaiye, B. C., B. T. Azeez and W. Olobayaton. 2019. Evaluation of Invertase and Amylase Activities of Lactic Acid Bacteria Isolated from 'Pupuru' (An Indigenous African Fermented Cassava Staple Food). *Asian Journal of Research in Biochemistry* 5(3): 1-8.
 17. Puspitasari, Gina, Wulan Safrihatini, Khairul Umam. 2019. Study of Kinetics of The α -Amylase Enzyme Reaction In Desizing Process. *Arena Tekstil* 34(1): 1-6.
 18. Suhandana, Made, Tati Nurhayati dan Laksmi Ambarsari. 2013. Characterization of Crude Extract Polyphenoloxidase Enzyme from Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 5(2):353-364.
 19. Khusniati, Tatik, Ulfiatul Mardiah, Herson C. Himawan and Sulistiani. 2018. Characteristics of α -Amylase from *Lactobacillus fermentum* EN38-44 and its application in producing local tuber paste flour. *AIP Conference Proceeding* 2021(1):050011.
 20. Khusniati, Tatik, Gadis Trieska Dewi, Anna P. Roswiem, Suci Ayu Azhari, Febi Ishfahani and Sulistiani. 2020. Carbohydrate Degradation of Tuber Paste Flour by The Addition of α -Amylase from Two *Lactobacillus* Species. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 31(1):60-65.
 21. Kanpiengjai, Apinun, Saisamorn Lumyong, Thu-Ha Nguyen, Dietmar Haltrich, and Chartachai Khanongnuch. 2015. Characterization of A Maltose-Forming α -Amylase from An Amylolytic Lactic Acid Bacterium *Lactobacillus plantarum* S21. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 120(2015): 1-8.
 22. Iuchi, Ayaka, Sachi Harugichi, Wiyada Mongkoltanaruk, Jiro Arima, Mitsuthosi Nagase, Hoang Quoc Khanh, Tsuyoshi Ichianagi, Takeshi Yamaguchi, Norihiro Shimomura and Tadanori Aimi. 2012. Characterization of Novel Amylase from Amylolytic Lactic Acid Bacteria *Pediococcus ethanolidurans* Isolated from Japanese Pickles (Nuka-Zuke). *Food Science and Technology Research* 18(6): 861-867.
 23. Yuanita, Tri Sulisty, Aprilastuti, Teti Estiasih and Siti Narsito Wulan. 2010. Synergistic Hydrolysis of Arrowroot (*Marantha arundinaceae* L.) Starch by α -Amylase, Glucoamylase and Pullulanase for Glucose Syrup Production. *Jurnal Teknologi Pertanian* 11(2):76-86.
 24. Eshra D. H., El-Iraki S. M., and Abo Bakr, F.

M. 2014. Performance of Starch and Production of Corn Syrup Using of Commercial Enzymes. *International Food Research Journal* 21(2):815-821.

25. Silvia, Roberto do Nascimento, Fábio Pereira Quintino, Valdirene Neves Monteiro and of Glucose and Fructose Syrup from Cassava (*Manihot esculenta crantz*) Starch Using Ezymes Produced by Microorganisms Isolated from Brazzilian Cerrado Soil. *Ciênc. Technol. Aliment.* Volume 30 Nomor1.

26.Saha, Poulomi, Mohd Faheem Khan and Sanjukta Patra. 2018. Truncated α -Amylase: An Improved Candidate for Textile Processing. *Preparative Biochemistry and Eduardo Ramirez Aasquieri.* 2010. Production *Biotechnology* 48(7):1-11.

27.Kyaw, Nattascha, Rafael Fonseca de Mesquita, Etel Kameda, João Crisóstomo de Queiroz Neto, Marta Antunes Pereira Langone and Maria Alice Zarur Coelho. 2010. Characterization of Commercial Amylases for the Removal of Filter Cake on Petroleum Wells. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 161(1-8): 171-180.

