

KAJIAN OPTIMASI SUHU DAN pH ENZIM AMILASE DARI BAKTERI SECARA NARRATIVE REVIEW

Rizka Aries Putranti¹⁾, Maria Lestari²⁾, Hariyanti³⁾, Hanifah Rahmi^{4)*}

¹Program Studi Pendidikan Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

^{2,4}Program Studi Farmasi dan Sains, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta Timur

³Program Magister Pendidikan Farmasi Sekolah Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta Selatan

*Email : hanifah_rahmi@uhamka.ac.id

A B S T R A C T

*Amylase enzyme is a type of enzyme that plays an important role in various industrial fields. The amylase enzyme is used to hydrolyze starch into simpler carbohydrate molecules, namely dextrin, maltose and glucose. Industries that use amylase include the paper industry, detergent industry, textile industry, food industry and the pharmaceutical sector such as medicine. The aim of this research is to determine the effect of optimum temperature and optimum pH of the amylase enzyme from several bacterial sources. This research was carried out using a narrative review method related to the influence of temperature and the influence of the pH of the amylase enzyme from bacteria. From the results of the literature study, it can be seen that there is an influence on the optimum temperature and optimum pH of the amylase enzyme from several bacteria, namely obtaining 22% amylase activity at a temperature of 60°C with the bacteria *Bacillus sp. PA-05*, thermo-alkaliphile bacteria, and *Bacillus sp* bacteria, followed by 14% at temperatures of 50°C, 40°C, 37°C, and 30°C with *Arthrobacter arylaitensis* LBF-003, *Geobacillus sp. DS3* bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria, *Pseudomonas stutzeri* ISL B5 bacteria, *Bacillus megaterium* bacteria, *Bacillus subtilis* BII9 bacteria, *Arthrobacter arylaitensis* bacteria, and *Azospirillum sp. JG3* bacteria, and followed by 7% at temperatures of 70°C, 55°C, and 45°C with *R₂M* larvae bacteria, *Bacillus sp. RSII-1b*, and *BSF* amylolytic bacteria. At the optimum pH, 50% is at pH 7 with *Arthrobacter arylaitensis* bacteria, *Bacillus sp. PA-05* bacteria, *Azospirillum sp. JG3*, *BSF* amylolytic bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria, *Bacillus sp. bacteria* and *Geobacillus sp. DS3* bacteria, followed by 7% at pH 9, pH 8.5, pH 8, pH 7.5, pH 6, pH 5 and pH 4 with *Arthrobacter arylaitensis* LBF-003 bacteria, thermo-alkaliphile bacteria, *Bacillus subtilis* BII9, *Pseudomonas stutzeri* ISL B5 bacteria, *Bacillus sp. RSII-1b*, *Bacillus megaterium* bacteria and *R₂M* larvae bacteria.*

Keywords: Amylase Enzyme, Microbial, Optimization, pH, Temperature.

ABSTRAK

Enzim Amilase merupakan salah satu jenis enzim yang berperan penting dalam berbagai bidang industri. Enzim amilase digunakan untuk menghidrolisis pati menjadi molekul karbohidrat yang lebih sederhana, yaitu dekstrin, maltosa dan glukosa. Industri yang menggunakan amilase antara lain yaitu industri kertas, industri detergen, industri tekstil, industri makanan hingga bidang farmasi seperti obat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu optimum dan pH optimum enzim amilase dari beberapa sumber bakteri. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode narative review yang terkait dengan pengaruh suhu dan pengaruh pH enzim amilase dari bakteri. Dari hasil studi literatur dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh suhu optimum dan pH optimum enzim amilase dari beberapa bakteri yaitu memperoleh aktivitas amilase sebanyak 22% berada pada suhu 60°C dengan bakteri *Bacillus sp. PA-05*, bakteri termo-alkalifil, dan bakteri *Bacillus sp.*, diikuti sebanyak 14% pada suhu 50°C, 40°C, 37°C, dan 30°C dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003, bakteri *Geobacillus sp. DS3*, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5, bakteri *Bacillus megaterium*, bakteri *Bacillus subtilis* BI19, bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, dan bakteri *Azospirillum sp. JG3*, dan diikuti sebanyak 7% berada pada suhu 70°C, 55°C, dan 45°C dengan bakteri *R₂M* larva, bakteri *Bacillus sp. RSAII-1b*, dan bakteri amilolitik BSF. Pada pH optimum sebanyak 50% berada pada pH 7 dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Bacillus sp. PA-05*, bakteri *Azospirillum sp. JG3*, bakteri amilolitik BSF, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Bacillus sp.*, dan bakteri *Geobacillus sp. DS3*, diikuti sebanyak 7% pada pH 9, pH 8,5, pH 8, pH 7,5, pH 6, pH 5 dan pH 4 dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003, bakteri termo-alkalifil, bakteri *Bacillus subtilis* BI19, *Pseudomonas stutzeri* ISL B5, bakteri *Bacillus sp. RSAII-1b*, bakteri *Bacillus megaterium* dan bakteri *R₂M* larva.

Kata kunci: Enzim Amilase, Mikroba, Optimasi, pH, Suhu.

PENDAHULUAN

Amilase adalah enzim hidrolase yang menghidrolisis amilum menjadi maltosa dan glukosa. Enzim amilase merupakan enzim ekstraselular yang memecah ikatan α -1,4 secara acak dari bagian dalam pada molekul amilum dan menghasilkan produk dengan berat molekul yang lebih rendah seperti maltosa dan glukosa (Lily, 2012; Melliawati, 2006). Enzim amilase memiliki nilai komersial tinggi, sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang industri seperti industri pati, alkohol, kertas, tekstil, pangan, dan industri farmasi (Sebayang, 2005; Karri *et al.*, 2014). Dalam industri pangan, enzim amilase dimanfaatkan untuk hidrolisis pati dan hasil hidrolisnya dapat digunakan untuk produksi sirup glukosa yang tingkat kemanisannya relatif tinggi, serta untuk pembuatan roti, dan makanan bayi (Marsiti *et al.*, 2012).

Enzim amilase banyak dibutuhkan pada bidang industri tekstil, hidrolisis pati, pembuatan makanan (bir, roti, sirup, pemanis buatan, industri pakan ternak) produksi etanol, detergen, obat, dan suplemen enzim. Pada proses kerjanya, enzim amilase mempunyai kemampuan memutuskan ikatan glikosida yang terdapat pada amilum. Hasil hidrolisisnya berupa molekul-molekul yang lebih sederhana seperti glukosa, maltosa, dekstrin, dan asam organik lainnya (Palmer & Bonner 2007). Enzim α -amilase (EC.3.2.11) dikenal dengan nama 1,4- α -D-glukanohidrolase dan glukogenase (Bernfeld 1955). Enzim ini bekerja memutuskan ikatan α -1,4-glikosida pada amilum secara acak terutama pada rantai yang panjang sehingga menghasilkan maltotriosa, malto dari polimer amilosa pada amilum dan menghasilkan glukosa serta sedikit dekstrin dari polimer amilopektin penyusun amilum. Karena sifatnya yang dapat memutuskan ikatan glikosida secara acak, enzim ini bekerja lebih cepat dibanding amilase lainnya seperti β -amilase (Soeka *et al.*, 2015).

Enzim amilase merupakan enzim yang mampu menghidrolisis amilum dan menghasilkan glukosa. Enzim amilase dapat dihasilkan oleh semua makhluk hidup untuk mengkatalis reaksi biokimia, sehingga reaksi-reaksi tersebut dapat berlangsung lebih cepat dengan katalisator. Enzim amilase untuk kebutuhan industri diekstraksi dari berbagai jenis mikroorganisme, sebab mikroorganisme menghasilkan enzim yang dapat dimanfaatkan manusia dalam jumlah dan jenis yang sangat bervariasi. Selain itu, mikroorganisme dapat dikultur untuk memperoleh enzim yang dihasilkan [(Ningsih *et al.*, 2012); (Istia'nah *et al.*, 2020)].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis *narrative review*. Jenis *narrative review* bertujuan untuk mengidentifikasi dan merangkum artikel yang telah diterbitkan sebelumnya, menghindari duplikasi penelitian, dan mencari bidang studi baru yang belum diteliti (Ferrari, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Review Jurnal

Pada penelitian ini didapatkan artikel sebanyak 1.707 artikel yang diantaranya diperoleh dari pencarian *PubMed* (35), *Semantic Scholar* (182) dan *Google Scholar* (1.490). Pencarian artikel ini menggunakan kata kunci *enzyme amylase*, *temperature*, *pH*, *microbial* dan *optimization* untuk bahasa inggris sedangkan dalam bahasa indonesia menggunakan kata kunci enzim amilase, suhu, pH, mikroba dan optimasi. Setelah proses pencarian artikel kemudian artikel diseleksi berdasarkan keterkaitan topik sehingga di dapat 189 artikel.

Artikel diseleksi kembali dengan melihat keseluruhan sehingga didapatkan 14 artikel yang sesuai dengan topik berupa 5 jurnal berbahasa bahasa inggris dan 9 jurnal berbahasa indonesia. Artikel yang terkumpul terdiri dari 7 artikel bakteri *Bacillus* dan 7 artikel selain bakteri *Bacillus*. Artikel yang sudah dianalisis disajikan dalam bentuk berupa tabel.

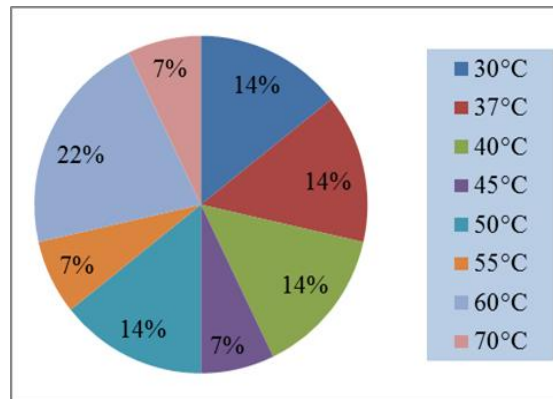
Tabel 1. Artikel yang sudah dianalisis

No	Judul Artikel	Author/ Tahun	Sumber Bakteri	Strain Dan Isolat	Suhu Optimu m	Aktivitas Amilase	pH Optimum	Aktivitas Amilase
1.	Karakteristik enzim amilase dari bakteri <i>Bacillus megaterium</i> pada variasi suhu, pH dan konsentrasi substrat (<i>Semantic Scholar</i>) (Sinta 3/S3)	(Istia'nah <i>et al.</i> , 2020)	<i>Bacillus megaterium</i>		Suhu 37°C	1,279 U/mL	pH 5,0	1,241 U/mL
2.	Optimasi produksi enzim amilase dari bakteri laut jakarta	(Purnawan <i>et al.</i> , 2015)	<i>Arthrobacter arilaitensis</i>		Suhu 30°C	2,4 U/mL	pH 7	2,1 U/mL

	(<i>Arthrobacter arilaitensis</i>) (Google Scholar) (Sinta 2/S2)							
3.	Pemurnian parsial dan karakterisasi amilase dari bakteri laut <i>Arthrobacter arilaitensis</i> LBF-003 (Google Scholar) (Sinta 2/S2)	(Rahmasari <i>et al.</i> , 2016)	<i>Arthrobacter arilaitensis</i> LBF-003	Strain LBF-003	Suhu 50°C	0,037 U/mL	pH 9	0,025 U/mL
4.	Potensi <i>Bacillus sp. PA-05</i> termofilik obligat untuk produksi amilase (Semantic Scholar)	(Agustien <i>et al.</i> , 2013)	<i>Bacillus sp. PA-05</i>	Strain PA-05	Suhu 60°C	2,4 U/mL	pH 7	2,8 U/mL
5.	Optimasi aktivitas amilase dari bakteri termo-alkalifil (Google Scholar)	(Indriati <i>et al.</i> , 2015)	Bakteri termo-alkalifil		Suhu 60°C	48,92 U/mL	pH 8,5	39,27 U/mL
6.	Pembuatan dekstrin dari pati ubi kayu menggunakan katalis amilase hasil fraksinasi dari <i>Azospirillum sp. JG3</i> (Semantic Scholar) (Sinta 1/S1)	(Zusfahair <i>et al.</i> , 2012)	<i>Azospirillum sp. JG3</i>	Strain JG3	Suhu 30°C	11,934 U/mL	pH 7	11,980 U/mL
7.	Aktivitas amilase bakteri amilolitik asal larva <i>black soldier fly</i> (<i>Hermetia illucens</i>) (Semantic Scholar) (Sinta 2/S2)	(Kresnawaty <i>et al.</i> , 2019)	Bakteri amilolitik BSF		Suhu 45°C	0,039 U/mL	pH 7	0,039 U/mL

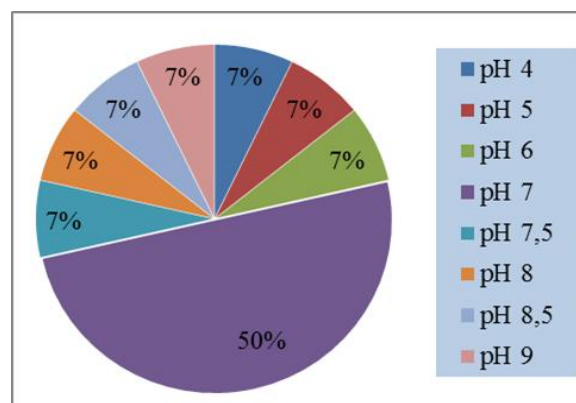
8.	Karakteristik enzim amilase dari bakteri <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Google Scholar)	(Ningsih <i>et al.</i> , 2012)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		Suhu 40°C	0,0483 U/mL	pH 7	1,4986 U/mL
9.	Karakterisasi enzim amilase isolat bakteri R ₂ M larva kumbang sagu dari luwu utara (Google Scholar)	(Baharuddin <i>et al.</i> , 2022)	Bakteri R ₂ M larva kumbang sagu	Isolat R ₂ M	Suhu 70°C	0,116 U/mL	pH 4	0,049 U/mL
10.	Optimization of the medium for the production of extracellular amylase by the <i>Pseudomonas stutzeri</i> ISL B5 isolated from municipal solid waste (Pubmed)	(Dutta <i>et al.</i> , 2016)	<i>Pseudomonas stutzeri</i> ISL B5	Strain ISL B5	Suhu 40°C	2,63 U/mL	pH 7,5	2,59 U/mL
11.	Molecular identification of a newly isolated <i>Bacillus subtilis</i> BI19 and optimization of production conditions for enhanced production of extracellular amylase (Pubmed)	(Dash <i>et al.</i> , 2015)	<i>Bacillus subtilis</i> BI19	Strain BI19	Suhu 37°C	7,25 U/mL	pH 8,0.	7,77 U/mL
12.	Production optimization and characterization of amylase enzyme isolated from termofil <i>Bacteria Bacillus sp</i>	(Arfah <i>et al.</i> , 2015)	<i>Bacillus sp</i> RSAII-1b	Strain RSAII-1b	Suhu 55°C.	0,1647 U/mL	pH 6,0	0,1637 U/mL

	RSAIL-1b from leija hot spring south sulawesi (<i>Google Scholar</i>)							
13.	Amylase production by <i>Bacillus</i> sp. using cassava as substrate (<i>Google Scholar</i>)	(Senthil Kumar <i>et al.</i> , 2012)	<i>Bacillus</i> sp.		Suhu 60°C	3,9 U/mL	pH 7	3,8 U/mL
14.	Purification and characterization of thermostable alpha-amylase from <i>Geobacillus</i> sp. DS3 from Sikidang Crater, Central Java, Indonesia (<i>Google Scholar</i>)	(Widiana <i>et al.</i> , 2022)	<i>Geobacillus</i> sp. DS3	Strain DS3	Suhu 50°C	1,00 U/mL	pH 7	1,40 U/mL



Gambar 1. Persentase Variasi Suhu Optimasi Enzim Amilase pada Bakteri

Terlihat pada Gambar 2 variasi suhu optimasi enzim amilase pada bakteri dibedakan dengan beberapa kategori suhu optimum yang antara lain berkisar pada suhu 30°C hingga 70°C dengan persentase 7% hingga 22%. Adapun kategori suhu optimum terendah yaitu pada suhu 30°C dengan persentase 14% untuk bakteri *Arthrobacter arilaitensis* dan bakteri *Azospirillum* sp. JG3, pada kategori suhu optimum berikutnya yaitu suhu 37°C dengan persentase 14% untuk bakteri *Bacillus megaterium* dan bakteri *Bacillus subtilis* BI19, kategori suhu optimum berikutnya yaitu pada suhu 40°C dengan persentase 14% untuk bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* dan bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5, kategori suhu optimum berikutnya yaitu suhu 45°C dengan persentase 7% untuk bakteri amilolitik BSF, kategori suhu optimum berikutnya yaitu suhu 50°C dengan persentase 14% untuk bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003 dan bakteri *Geobacillus* sp. DS3, kategori suhu optimum berikutnya yaitu suhu 55°C dengan persentase 7% untuk bakteri *Bacillus* sp. RSAII-1b, kategori suhu optimum berikutnya yaitu suhu 60°C dengan persentase 22% untuk bakteri *Bacillus* sp. PA-05, bakteri termo-alkalifil dan bakteri *Bacillus* sp, dan pada kategori suhu optimum tertinggi yaitu pada suhu 70°C dengan persentase 7% untuk bakteri R₂M larva kumbang sagu (Tabel 1).



Gambar 2. Persentase Variasi pH Optimasi Enzim Amilase pada Bakteri

Terlihat pada Gambar 3, variasi pH optimasi enzim amilase pada bakteri dikategorikan dengan beberapa kategori pH optimum yang berbeda yaitu antara lain berkisar pH 4 hingga pH 9 dengan persentase 7% hingga 50%. Adapun kategori pH optimum terendah yaitu pada pH 4

dengan persentase 7% untuk bakteri R₂M larva kumbang sagu, untuk kategori pH optimum berikutnya yaitu pH 5 dengan persentase 7% terjadi pada bakteri *Bacillus megaterium*, untuk kategori pH optimum berikutnya yaitu pada pH 6 dengan persentase 7% terjadi pada bakteri *Bacillus* sp. RSAII-1b, untuk kategori pH optimum berikutnya yaitu pH 7 dengan persentase 50% terjadi pada bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Bacillus* sp. PA-05, bakteri *Azospirillum* sp. JG3, bakteri amilolitik BSF, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Bacillus* sp., dan bakteri *Geobacillus* sp. DS3, untuk kategori pH berikutnya yaitu pH 7,5 dengan persentase 7% terjadi pada bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5, untuk kategori pH optimum berikutnya yaitu pH 8 dengan persentase 7% pada bakteri *Bacillus subtilis* BI19, untuk kategori pH berikutnya yaitu pH 8,5 dengan persentase 7% pada bakteri termo-alkalifil, dan untuk kategori pH optimum tertinggi yaitu pada pH 9 dengan persentase 7% terjadi pada bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003 (Tabel 1).

Berdasarkan hasil pengumpulan artikel yang telah dilakukan penyeleksian diperoleh hasil suhu dan pH optimum enzim amilase dari bakteri pada masing-masing jurnal data-datanya dapat dilihat pada Tabel 1.

Suhu sangat mempengaruhi aktivitas enzim karena enzim adalah rangkaian asam amino yang sistem kerjanya berkaitan erat dengan suhu lingkungan (Tarigan *et al.*, 2015). Pada suhu optimum reaksi antara substrat dan enzim sangat efektif sehingga akan meningkatkan nilai produk (Istia'nah *et al.*, 2020).

Tabel 1 didapatkan beberapa jenis bakteri dengan suhu optimum dan pH optimum enzim amilase yang berbeda, bakteri tersebut dapat digolongkan ke dalam bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif adalah bakteri yang menyerap zat warna kristal violet yang berwarna biru-ungu, dinding selnya sebagian tersusun atas petidoglikan sehingga dinding selnya kaku dan ada juga tersusun dari polisakarida dan asam teikoat, struktur dinding selnya tebal sekitar 15-80 nm, berlapis tunggal, lebih rentan terhadap penisilin, bentuk selnya bulat, batang, filamen, bersifat kemoorganoheterotrof, motil, aerobik, beberapa kelompok membentuk endospora dan ada yang tidak membentuk endospora. Adapun contoh bakteri Gram positif pada artikel antara lain bakteri *Bacillus megaterium*, bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003, bakteri termo-alkalifil, bakteri *Bacillus* sp. PA-05, bakteri *Bacillus* sp. RSAII-1b, bakteri *Bacillus* sp., bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Bacillus subtilis* BI19, dan Bakteri *Geobacillus* sp. DS3. Sedangkan bakteri Gram negatif adalah bakteri yang menyerap zat warna safranin yang berwarna merah, mengandung petidoglikan dalam jumlah lebih sedikit dan dari kandungan lipid yang tinggi, tidak memiliki asam teikoat, memiliki membran plasma ganda yang diselubungi oleh membran luar permeable, struktur dinding sel tipis 10-15 nm, lebih tahan terhadap antibiotik, berbentuk bulat, oval dan koma, bersifat fototrof, motil, non motil, aerobik, anaerobik, tidak membentuk endospora. Adapun contoh bakteri Gram negatif pada artikel antara lain bakteri *Azospirillum* sp. JG3, bakteri amilolitik BSF (*Proteus* sp.), dan bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5 (Rini *et al.*, 2020).

Suhu optimum amilase juga bervariasi (Tabel 1), perbedaan suhu optimum enzim amilase tersebut dapat disebabkan oleh karakteristik bakteri penghasilnya di mana umumnya bakteri yang bersifat mesofilik akan menghasilkan enzim yang juga bersifat mesofilik, bakteri yang bersifat termofilik akan menghasilkan enzim yang juga bersifat termofilik. Berdasarkan rentang suhu optimum pertumbuhan, bakteri dapat dikelompokkan menjadi tiga antara lain psikrofilik, mesofilik, dan termofilik. Bakteri psikrofilik adalah organisme ekstremofilik yang mampu tumbuh pada suhu rendah, bakteri psikrofilik hidup pada suhu dingin -5°C hingga 30°C, dan

dapat tumbuh paling baik pada kisaran suhu optimum 10°C-20°C. Bakteri mesofilik adalah organisme yang tumbuh paling baik pada suhu sedang, tidak terlalu panas atau dingin, bakteri mesofilik dapat hidup maksimal pada suhu 10°C hingga 45°C, dan dapat tumbuh pada suhu optimum 20°C-40°C. Bakteri termofilik adalah organisme yang tumbuh subur pada suhu tinggi, bakteri termofilik dapat hidup dengan baik pada suhu 25°C hingga 80°C, dan dapat tumbuh pada suhu optimum 50°C-80°C (Rini *et al.*, 2020).

Suhu optimum enzim amilase dari berbagai bakteri didapatkan berbeda-beda, dilihat dari rentang suhu optimum contoh bakteri mesofil yaitu bakteri *Bacillus megaterium* suhu 37°C dengan aktivitas 1,279 U/mL, bakteri *Arthrobacter arilaitensis* suhu 30°C dengan aktivitas 2,4 U/mL, bakteri *Bacillus subtilis* BI19 suhu 37°C dengan aktivitas 7,25 U/mL, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* suhu 40°C dengan aktivitas 0,0483 U/mL, bakteri *Azospirillum* sp. JG3 suhu 30°C dengan aktivitas 11,934 U/mL, bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5 suhunya 40°C dengan aktivitas 2,63 U/mL, dan bakteri amilolitik BSF suhunya 45°C dengan aktivitas 0,039 U/mL. Sedangkan contoh bakteri termofilik yaitu bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003 suhu 50°C dengan aktivitas 0,037 U/mL, bakteri *Bacillus* sp. PA-05 suhu 60°C dengan aktivitas 2,4 U/mL, Bakteri termo-alkafilik suhu 60°C dengan aktivitas 48,92 U/mL, bakteri R₂M larva kumbang sagu suhunya 70°C dengan aktivitas 0,116 U/mL, bakteri *Bacillus* sp RSII-1b suhunya 55°C dengan aktivitas 0,1647 U/mL, bakteri *Bacillus* sp suhunya 60°C dengan aktivitas 3,9 U/mL, dan bakteri *Geobacillus* sp. DS3 suhunya 50°C dengan aktivitas 1,00 U/mL. Pada bakteri Psikrofilik tidak ada artikel yang membahas suhu rendah atau suhu dingin.

Suhu optimum enzim amilase ada yang suhunya 30°C dan ada yang 70°C karena karakteristik bakteri penghasilnya dan lingkungannya, suhu optimum amilase 30°C termasuk ke dalam bakteri mesofilik yg tumbuh baik pada suhu sedang seperti pada lingkungan bakteri laut bakteri yang hidup didalam tanah. Sedangkan suhu 70°C termasuk ke dalam bakteri termofilik yang dapat tumbuh dengan baik pada suhu tinggi seperti terjadi pada lingkungan bakteri sumber air panas. Suhu optimum berkaitan dengan aktivitas enzim yang meningkat dengan kenaikan suhu hingga mencapai optimum, hal ini terjadi karena meningkatnya energi kinetik yang memperbesar peluang terjadinya tumbukan antara enzim dan substrat untuk bereaksi membentuk kompleks enzim-substrat sehingga produk yang dihasilkan meningkat. Kenaikan suhu melebihi suhu optimum menyebabkan penurunan aktivitas, hal ini karena enzim mengalami denaturasi akibat panas yang tinggi. Suhu tinggi akan memecah ikatan-ikatan sekunder seperti ikatan hidrogen yang mempertahankan enzim pada suhu alaminya, sehingga struktur sekunder dan tersier enzim akan rusak secara parsial diikuti dengan menurunnya aktivitas (Zusfahair *et al.*, 2012).

Variasi nilai pH optimum enzim amilase disebabkan oleh karakteristik bakteri penghasilnya atau jenis bakteri serta lingkungannya. Pada umumnya bakteri hidup di lingkungan dengan nilai pH netral (6,6-7,5), namun setiap bakteri mempunyai pH minimum, pH optimum, dan pH maksimal. Berdasarkan rentang nilai pH optimum pertumbuhannya, bakteri dibedakan menjadi 3 golongan yaitu bakteri asidofilik, bakteri neutrofilik, dan bakteri alkalifilik. Bakteri asidofilik adalah kelompok bakteri yang hidup dengan baik pada pH asam, yaitu berkisar pH 2,0-5,0. Bakteri neutrofilik adalah kelompok bakteri yang hidup dengan baik pada pH netral, yaitu berkisar pH 5,5-8,0. Bakteri alkalifilik adalah kelompok bakteri yang hidup dengan baik pada pH basa, yaitu berkisar pH 8,5-9,5 (Rini *et al.*, 2020).

Hasil review diperoleh pH optimum enzim amilase dari berbagai bakteri didapatkan berbeda-beda, bakteri asidofilik seperti bakteri *Bacillus megaterium* dan bakteri R₂M larva kumbang sagu. Bakteri neutrofilik seperti bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Bacillus* sp.

PA-05, bakteri *Azospirillum* sp. JG3, bakteri amilolitik BSF, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Pseudomonas stutzeri* ISL B5, bakteri *Bacillus subtilis* BI19, bakteri *Bacillus* sp RSAII-1b, bakteri *Bacillus* sp, dan bakteri *Geobacilus* sp. DS3. Sedangkan contoh bakteri alkalifilik adalah bakteri *Arthrobacter arilaitensis* LBF-003 dan bakteri termo-alkafilik. Nilai pH optimum berkaitan dengan aktivitasnya karena aktivitas enzim akan optimum jika terdapat kesetimbangan antara kedua muatannya dan enzim akan terdenaturasi jika berada pada pH yang jauh dari pH optimumnya, karena adanya perubahan struktur dari enzim yang akan mempengaruhi aktivitas enzim (Bollag, 1996).

Hasil aktivitas enzim amilase yang dipengaruhi suhu berbeda-beda yaitu berkisar 0,037 U/mL sampai 48,92 U/mL dan aktivitas amilase yang dipengaruhi pH berkisar 0,025 U/mL sampai 39,27 U/mL. Hal ini disebabkan karena konsentrasi substrat pada bakteri berbeda-beda. Apabila substrat yang digunakan diekstraksi dari bahan alam seperti kulit singkong, hasil aktivitasnya kecil. Hal ini karena substratnya masih belum terpisah secara sempurna dengan matriks penyusunnya, atau substratnya masih mengandung komponen lain, seperti kulit singkong yang kemungkinan juga mengandung selulosa yang tidak dapat dihidrolisis oleh amilase. Apabila substrat yang digunakan murni, maka hasil aktivitas enzimnya tinggi. Enzim bekerja sangat selektif dan sensitif sehingga enzim bekerja lebih optimal ketika digunakan substrat murni (Kresnawaty *et al.*, 2019). Aktivitas enzim pada suhu dan pH optimum dari bakteri berbeda-beda, perbedaan aktivitas enzim dari bakteri tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Perubahan yang terjadi di dalam lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan sifat fisiologi mikroorganisme (Zuraidah *et al.*, 2020).

Aktivitas enzim adalah kemampuan enzim dalam mengubah sejumlah mol substrat menjadi produk per satuan waktu (Ramadhan *et al.*, 2021). Aktivitas spesifik enzim merupakan suatu ukuran kemurnian enzim dan nilainya meningkat selama pemurnian suatu enzim dan menjadi maksimum dan tetap (konstan) jika enzim sudah berada pada keadaan murni. Aktivitas spesifik enzim didefinisikan sebagai jumlah unit enzim per miligram protein (Lehninger, 1982). Sedangkan aktivitas total enzim adalah aktivitas ekstrak enzim persatuan volume dikali dengan volume total larutan protein (Siregar, 2011). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim diantaranya : Suhu, enzim mempunyai suhu tertentu yang menyebabkan aktifitasnya mencapai optimum. Ketika suhu bertambah sampai suhu optimum, kecepatan reaksi akan naik karena energi kinetik bertambah. Bertambahnya suhu juga akan meningkatkan frekuensi tumbukan antara molekul enzim dan substrat, sehingga enzim aktif. Bertambahnya suhu yang melebihi batas suhu optimum dapat menyebabkan enzim terdenaturasi dan mematikan aktivitas katalisnya. Suhu yang melebihi batas optimum akan menyebabkan substrat berubah konformasinya, sehingga substrat tidak dapat masuk kedalam sisi aktif enzim. Hal ini akan mengakibatkan aktivitas enzim turun karena tidak terbentuk kompleks enzim substrat, sehingga konsentrasi enzim rendah (Tazkiah *et al.*, 2017).

Nilai pH akan mengalami perubahan muatan molekul enzim sehingga dapat mempengaruhi aktivitas enzim, baik perubahan struktur ataupun dengan perubahan muatan pada residu asam amino yang berfungsi mengikat substrat. Misal suatu enzim bermuatan negatif bereaksi dengan substrat bermuatan positif membentuk kompleks enzim-substrat, kemudian pada nilai pH rendah enzim akan diprotonasi dan kehilangan muatan negatifnya. Hal yang sama pada pH tinggi substrat akan terionisasi dan kehilangan muatan positif. Perubahan ion H^+ yang ada dalam larutan enzim memberikan efek pada bagian katalitik dan konformasi enzim. Kondisi pH terlalu rendah atau terlalu tinggi menyebabkan perubahan konformasi enzim, sehingga aktivitas enzim menurun (Dali *et al.*, 2013). Konsentrasi enzim yang tinggi

mengakibatkan kemampuan enzim untuk mendegradasi substrat semakin optimal, hal ini mengakibatkan produk yang dihasilkan semakin bertambah. Sedangkan konsentrasi enzim yang rendah mengakibatkan kemampuan enzim untuk mendegradasi substrat tidak langsung secara optimal, hal ini mengakibatkan produk yang dihasilkan rendah (Insani *et al.*, 2013).

Konsentrasi substrat mempengaruhi kecepatan reaksi. Konsentrasi substrat yang terlalu rendah dapat mengakibatkan reaksi menjadi rendah, tetapi kecepatan akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat. Pada saat reaksi maksimum, enzim menjadi jenuh oleh substratnya dan tidak dapat berfungsi cepat (Ramadhan *et al.*, 2021). Aktivator adalah senyawa atau ion yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi enzimatik sampai jumlah tertentu untuk mencegah adanya inhibitor (Soeka, 2015). Apabila aktivator terlalu besar akan menyebabkan persaingan antara aktivator bebas dan kompleks aktivator substrat terhadap enzim (Lestari *et al.*, 2011).

Inhibitor, telah dijelaskan bahwa mekanisme enzim dalam suatu reaksi ialah melalui pembentukan kompleks enzim-substrat. Oleh karena itu, hambatan atau inhibisi pada suatu reaksi yang menggunakan enzim sebagai katalis dapat terjadi apabila penggabungan substrat pada bagian enzim mengalami hambatan. Molekul atau ion yang dapat menghambat reaksi disebut inhibitor. Hambatan yang digunakan inhibitor dapat berupa hambatan reversibel. Hambatan tidak reversibel disebabkan oleh terjadinya proses destruksi atau modifikasi sebuah gugus fungsi yang terdapat pada molekul enzim. Adapun hambatan reversibel mengikatnya molekul inhibitor tidak menyebabkan perubahan konformasi enzim. Hambatan alosterik terbentuknya ikatan antara enzim dengan inhibitor mempengaruhi konformasi enzim, sehingga bagian aktif mengalami perubahan bentuk. Akibatnya penggabungan substrat pada bagian aktif enzim terhambat (Ischak *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari studi literatur yang dikaji (jumlah jurnal yang dikaji adalah 14 jurnal) dapat disimpulkan bahwa persentase tertinggi suhu optimum sebanyak 22%, pada bakteri *Bacillus* sp., dan bakteri termo-alkalofil dengan suhu 60°C, diikuti dengan persentase sebanyak 14% pada suhu 50°C, 40°C, 37°C, dan 30°C dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Geobacillus*, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, bakteri *Pseudomonas stutzeri*, bakteri *Bacillus megaterium*, bakteri *Bacillus subtilis* dan bakteri *Azospirillum*, persentase terendah suhu optimum sebanyak 7% berada pada suhu 70°C, 55°C, dan 45°C dengan bakteri R₂M larva, bakteri *Bacillus* sp., dan bakteri amilolitik BSF. Pada persentase pH optimum tertinggi sebanyak 50% berada pada pH 7 dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri *Bacillus* sp., bakteri *Azospirillum*, bakteri amilolitik BSF, bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*, dan bakteri *Geobacillus*, diikuti dengan persentase sebanyak 7% pada pH 9, pH 8,5, pH 8, pH 7,5, pH 6, pH 5 dan pH 4 dengan bakteri *Arthrobacter arilaitensis*, bakteri termo-alkalofil, bakteri *Bacillus subtilis*, bakteri *Pseudomonas stutzeri*, bakteri *Bacillus megaterium* dan bakteri R₂M larva.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustien, Arzita, & Anthoni. 2013. *Potensi Bacillus sp. PA-05 Termofilik Obligat Untuk Produksi Amilase*. 85–90.
- Aminin, A. L. N., Milarsih, Y., & Mulyani, N. S. 2022. *Isolasi dan Karakterisasi Amilase Termotabil dari Geobacillus dYtae-14*. 2(2).

- Arfah, R. A., Ahmad, A., Djide, M. N., Anis, M., & Zakir, M. 2015. *Production Optimization and Characterization of Amylase Enzyme Isolated from Termofil Bacteria Bacillus sp RSAII-1b from Lejja Hot Spring South Sulawesi*. April, 1–6. <https://doi.org/10.11648/j.ajbls.20150306.13>
- Baharuddin, M., Alfina, N., Febryanti, A., Azis, F., & Wahyuningsih, W. 2022. *Karakterisasi Enzim Amilase Isolat Bakteri R₂M Larva Kumbang Sagu dari Luwu Utara*. 10(2), 81–87.
- Bahri, S., Mirzan, Moh., & Hasan, Moh. 2012. *Karakterisasi Enzim Amilase dari Kecambah Biji Jagung Ketan (Zea mays ceratina L.)*. 1(1), 132–143.
- Dali, S., Arfah, R., Karim, A., & Patong, Abd. R. 2013. *Karakterisasi Enzim Amilase dari Isolat Bakteri Termofilik Bacillus Substilis*.
- Dash, B. K., Rahman, M. M., & Sarker, P. K. 2015. *Molecular Identification of a Newly Isolated Bacillus subtilis BII9 and Optimization of Production Conditions for Enhanced Production of Extracellular Amylase*. 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/859805>
- Dutta, P., Deb, A., & Majumdar, S. 2016. *Optimization of the Medium for the Production of Extracellular Amylase by the Pseudomonas stutzeri ISL B5 Isolated from Municipal Solid Waste*. <https://doi.org/10.1155/2016/4950743>
- Fitriani, A., Supriyanti, F. M. T., & Heryanto, T. E. 2013. *Penentuan Aktivitas Amilase Kasar Termofil Bacillus subtilis Isolat Kawah Gunung Darajat Garut, Jawa Barat*. 15(2), 107–113.
- Indriati, G., S, R. R. P. M., & Maizeli, A. 2015. *Optimasi Aktivitas Amilase dari Bakteri Termo-Alkalifil*. 81–86.
- Insani, K. V., & Herdyastuti, N. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Enzim Optimum pada Pembentukan N-Asetilglukosamin*. Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and N. 60–63.
- Ischak, netty ino, Salimin, Y. K., & Botutihe, D. N. 2017. *Biokimia Dasar*. Gorontalo UNG Press.
- Istia'nah, D., Utami, U., & Barizi, A. 2020. *Karakterisasi Enzim Amilase dari Bakteri Bacillus megaterium pada Variasi Suhu, pH dan Konsentrasi Substrat*. 2(50), 11–17.
- Kresnawaty, I., Wahyu, R., & Sasongko, A. 2019. *Aktivitas Amilase Bakteri Amilolitik Asal Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. 87(2), 140–146.
- Lestari, P., Richana, N., Darwis, A. A., Syamsu, K., & Murdiyatmo, U. 2011. *Purifikasi dan Karakterisasi α -amilase Termotabil dari Bacillus stearothermophilus TII-12*. 7(1), 56–62.
- Marsiti, Devi, S., & Saryono. 2012. *Optimalisasi pH Produksi Enzim Amilase Bakteri Endofitik Pseudomonas stutzeri LBKURCC46*. 1–6.
- Ningsih, D. R., Rastuti, U., & Kamaludin, R. 2012. *Karakterisasi Enzim Amilase dari Bakteri Bacillus amyloliquefaciens*. 978–979.
- Ningsih, D., Rastuti, U., & Kamaludin, R. 2012. *Karakterisasi Enzim Amilase dari Bakteri Bacillus*

amyloliquefacien. 978–979.

- Ningsih, Zufahair, & Riana, D. 2012. *Pembuatan Dekstrin dari Pati Ubi Kayu Menggunakan Katalis Amilase Hasil Fraksinasi dari Azospirillum sp. JG3*. *Molekul*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2012.7.1.102>
- Purnawan, A., Capriyanti, Y., Kurniatin, PA., Rahmani, N., & Yopi. 2015. *Optimasi Produksi Enzim Amilase dari Bakteri Laut Jakarta (Arthrobacter arilaitensis) (Optimization of Amylase Enzyme Production from Jakarta Marine Bacterium (Arthrobacter arilaitensis))*.
- Rahmasari, D., Wijanarka, Pujiyanto, S., Rahmani, N., & Yopi. 2016. *Pemurnian Parsial dan Karakterisasi Amilase dari Bakteri Laut Arthrobacter arilaitensis LBF-003 (Partial Purification and Characterization Amylase from Marine Bacterium Arthrobacter arilaitensis LBF-003)*. 12(1), 129–136.
- Ramadhan, B., & Wikandari, P. R. 2021. *Review Artikel : Aktivitas Enzim Amilase dari Bakteri Asam Laktat. Departme*. 10(2).
- Rini, chylen setiyo, & Rohmah, J. 2020. *Bakteriologi Dasar*. Sidoarjo Jawa Timur.
- Senthilkumar, P. K., Uma, C., & Saranraj, P. 2012. *Amylase Production by Bacillus sp . Using Cassava as Substrate*. 3(2), 300–306.
- Soeka, Y. S. 2015. *Kemampuan Bacillus licheniformis dalam Menghasilkan Enzim α -Amilase*. 1, 1162–1166. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010534>
- Soeka, Y. S., Rahmansyah, M., & Sulistiani. 2015. *Optimasi Enzim α -Amilase dari Bacillus amyloliquefaciens O1 yang Diinduksi Substrat Dedak Padi dan Karboksimetilselulosa (Optimization of α -Amylase Enzyme from Bacillus amyloliquefaciens O1 which are Induced by Rice Bran and Carboxymethylcellulose)*. *Bernfeld 1955*.
- Tazkiah, N. P., Rosahdi, T. D., & Supriadin, A. 2017. *Isolasi dan Karakterisasi Enzim Amilase dari Biji Nangka (Artocarpus heterophillus)*. 4(1), 4–9.
- Ulhaq, zulvikar syambani, & Rahmayanti, M. 2020. *Panduan Penulisan Skripsi Literatur Review*. Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Widiana, D. R., Phon, S., Ningrum, A., & Witasari, L. D. 2022. *Purification and Characterization of Thermostable Alpha-Amylase from Geobacillus sp . DS3 from Sikidang Crater , Central Java , Indonesia*. 27(4), 0–6. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.71643>
- Zuraidah, Wahyuni, D., & Astuty, E. 2020. *Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik dari Kawasan Wisata Ie Seuum (Air Panas)*. 11(2), 40–47.
- Zufahair, Z., & Riana Ningsih, D. 2012. *Pembuatan Dekstrin dari Pati Ubi Kayu Menggunakan Katalis Amilase Hasil Fraksinasi dari Azospirillum sp. JG3*. *Molekul*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2012.7.1.102>