

REVIEW: PENGARUH VARIETAS TUMBUHAN NANAS TERHADAP AKTIVITAS PROTEASE BROMELIN DARI KULIT BUAH NANAS (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Arraudha A. Putri*, Nyi M. Saptarini

Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran

arraudha19001@mail.unpad.ac.id

diserahkan 09/06/2022, diterima 28/03/2023

ABSTRAK

Enzim bromelin merupakan enzim protease yang terkandung pada tumbuhan nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) umum digunakan dalam industri makanan dan obat-obatan. Bagian dari tumbuhan nanas umumnya digunakan pada bagian buah, sedangkan bagian seperti kulit, mahkota, dan inti nanas dijadikan limbah dan dibuang yang dimana sebenarnya bagian-bagian ini juga memiliki kandungan enzim bromelin yang dapat dimanfaatkan. Aktivitas dari enzim bromelin dipengaruhi oleh suhu dan pH. Tujuan *review* artikel ini adanya untuk mengetahui pengaruh dari varietas tumbuhan nanas terhadap aktivitas protease bromelin pada bagian kulit nanas. Metode dilakukan dengan cara penelusuran melalui *database* jurnal elektronik yaitu *Google Scholar*, *Science Direct*, *Pubmed*, *Elsevier*, dan sebagainya sehingga diperoleh 9 artikel ilmiah internasional terkait aktivitas protease bromelin kulit buah nanas dari berbagai varietas. Pada penelitian ini mengumpulkan data aktivitas spesifik enzim bromelin pada kulit nanas, pH optimum pada rentang 3-8 dan suhu optimum pada rentang 30-70°C dengan kondisi pertumbuhan pada iklim tropis yang memiliki tanah subur dengan suhu wilayah sekitar 18°C dan curah hujan total tahunan rata-rata 1000-1500 mm. Selain itu, seluruh varietas nanas telah sesuai dengan kisaran pH dan suhu optimum yang telah ditetapkan sehingga tidak terjadi kerusakan pada enzim bromelin yang terkandung di dalam kulit nanas. Varietas nanas dengan kondisi pertumbuhan yang baik memiliki aktivitas spesifik enzim lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. Selain kondisi tempat pertumbuhan dari varietas tersebut, perbedaan aktivitas spesifik enzim juga dapat disebabkan oleh metode preparasi yang berbeda pada tiap sampel.

Kata kunci: *Ananas comosus*, bromelin, aktivitas bromelin, pH, suhu

ABSTRACT

*Bromelain is a protease enzyme found in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) which is commonly used in the food and pharmaceutical industry. Parts of the pineapple plant that are generally used is the fruit, while parts such as the skin, crown, and core of the pineapple are used as waste and discarded, whereas these parts also contain the bromelain enzyme. The activity of the bromelain enzyme is affected by temperature and pH. The purpose of this article review is to determine the effect of pineapple plant varieties on bromelain protease activity of the pineapple skin. The method is carried out by searching through a database of electronic journals, such as Google Scholar, Science Direct, Pubmed, and Elsevier; the result obtained 9 international scientific articles related to bromelain protease activity of various varieties of pineapple peels. In this study, we collected data on the specific activity of the bromelain enzyme in pineapple peels, the optimum pH in the range of 3-8, and the optimum temperature in the range of 30-70 oC with growth conditions in a tropical climate which has fertile soil with an area temperature of around 18oC and average annual rainfall average total 1000-1500 mm. All pineapple varieties were in accordance with the specified optimum pH and temperature range so that there was no damage to the bromelain enzyme contained in the pineapple skin. Pineapple varieties with good growing conditions have higher specific enzyme activity than other varieties. In addition to the growing conditions of these varieties, differences in specific enzyme activity can also be caused by different preparation methods for each sample.*

Keywords: Ananas comosus, bromelain, bromelain activity, pH, temperature

PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan tumbuhan iklim tropis dan iklim subtropis yang berasal dari famili Bromeliaceae (Pavan *et al*, 2012). Bagian buah dari tumbuhan nanas kaya akan vitamin, karbohidrat, serat, dan mineral (Hossain *et al*, 2015). Jumlah produksi dari buah nanas dapat mencapai 25,4 juta ton. Banyaknya jumlah konsumsi buah nanas ini disebabkan rasa asam dan manis yang dimiliki buah ini apabila dikonsumsi segar, dimasak, jus, maupun ketika diawetkan (FAO, 2019; Hikal *et al*, 2021). Nanas telah dikenal memiliki enzim proteolitik yang disebut sebagai enzim bromelin.

Enzim bromelin termasuk kelompok enzim protease sulfhidril yang dapat mengurai struktur molekul dari protein menjadi asam amino (Nathania & Bratadiredja, 2018). Bromelin juga termasuk ke dalam golongan glikoprotein yang merupakan protein dengan satu bagian oligosakarida di tiap molekul yang terikat secara kovalen dengan rantai polipeptida tersebut (Masri, 2014).

Bromelin terdistribusi pada bagian-bagian yang berbeda pada tumbuhan nanas yaitu pada buah, kulit, mahkota, batang, dan inti nanas. Bagian-bagian limbah pada nanas seperti kulit, mahkota, batang, dan inti umumnya tidak dapat dimakan sehingga lebih banyak dibuang. Padahal, bagian-bagian tersebut memiliki kandungan enzim bromelin yang cukup tinggi (Benefo & Ofosu, 2018). Telah diketahui kandungan enzim bromelin pada bagian kulit nanas sebesar 0,05-0,08%. Total limbah nanas dapat mencapai 48,6% total berat dari buah nanas itu sendiri yang dimana kulit nanas menyumbang limbah dengan jumlah yang cukup besar yaitu 28,6%. Sehingga diharapkan enzim bromelin yang terdapat pada kulit nanas tersebut dapat dimanfaatkan (Irawan dkk, 2014).

Enzim bromelin memiliki berbagai manfaat diantaranya adalah menghambat agregasi platelet melalui penurunan produksi trombroksan A2, meningkatkan penyembuhan luka, sinusitis, trauma pasca operasi, *thrombophlebitis*, *pyelonephritis*, angina pektoris, *bronchitis*, dan peningkat absorpsi obat. Selain itu, bromelin juga dapat digunakan sebagai anti inflamasi, anti tumor, membantu proses digestif, modulator imun, dan meningkatkan sirkulasi kardiovaskular (Bala *et al*, 2012; Si-Yu *et al*, 2012; Rosenberg *et al*, 2014; Nathania & Bratadiredja, 2018). Bromelin juga banyak digunakan pada pengobatan gingivitis periodontal dan telah terbukti efektif melawan patogen periodontal yaitu *S. mutans*, *A. actinomycetemcomitans*, dan *P. gingivalis* yang umunya diperoleh dari bagian buah dan batang tumbuhan nanas sehingga diharapkan dapat diperoleh pula enzim bromelin dari bagian tumbuhan nanas lainnya untuk mengurangi jumlah pembuangan limbah nanas yang menumpuk (Praveen *et al*, 2014).

Aktivitas enzim bromelin ditunjukkan dalam satuan unit per miligram suatu protein dari perhitungan rasio antara aktivitas proteolitik total dengan konsentrasi total dari protein sampel. Satuan unit (U) merupakan satuan aktivitas enzim yang diketahui sebagai jumlah enzim yang dapat mengkatalisis 1 μ mol substrat per menit yang bergantung pada kondisi seperti suhu dan pH (Roberts & Gibb, 2013; Rocha *et al*, 2019). Enzim bromelin sangat stabil pada suhu rendah, pada inkubasi di suhu 40°C tidak terlihat adanya kehilangan aktivitas enzim, sedangkan perlakuan pada suhu 50°C menunjukkan aktivitas enzim tersisa sebesar 83%. (Santos *et al*, 2021). Suhu optimum enzim tidak terlalu mempengaruhi aktivitas dari protein, namun dapat mempengaruhi kestabilan struktur enzim tersebut, sehingga dapat terjadi denaturasi enzim pada rentang suhu 70-

80°C. Aktivitas dari enzim bromelin diketahui berada pada rentang pH 3-7 dan rentang suhu 30-70°C. (Corzo *et al*, 2011; Liang *et al*, 2012). Hubungan antara suhu dengan aktivitas enzim adalah apabila suhu berada di atas suhu optimum akan mengarah pada denaturasi atau kerusakan dari ikatan peptida sehingga dapat menyebabkan inaktivasi dari enzim tersebut (Krishnan dan Gokulakrishnan, 2015; Rocha *et al*, 2019).

Umumnya, enzim hanya aktif pada rentang pH yang sangat sempit dan berfungsi paling baik pada pH 7 yang merupakan pH sitoplasma sel. Selain itu, pada pH sel tumbuhan dengan nilai 7,5 enzim masih dapat bekerja namun tidak seoptimal pada pH 7. pH optimum merupakan pH dimana enzim dapat berfungsi secara optimal. Apabila pH berubah, maka akan merubah derajat ionisasi gugus rantai samping pada residu asam amino (R), sehingga dapat menyebabkan aktivitas enzim menjadi hilang dan terdenaturasi (Minda, 2016; Ishizawa, 2013). Apabila pH berada lebih dari 7 pada rentang pH optimum 3-7, aktivitas enzim akan mengalami penurunan secara progresif (Omotoyinbo & Sanni, 2017). Umumnya, enzim sensitif terhadap perubahan pH pada lingkungannya, sehingga apabila di luar pH optimum, maka aktivitas dari enzim akan menurun (Haug, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, artikel review ini berisi mengenai pengaruh varietas tumbuhan nanas terhadap aktivitas protease bromelin pada kulit buah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). Selain itu, dilihat pula pengaruh suhu dan pH optimum terhadap aktivitas enzim bromelin.

METODE

Pada *review* artikel ini metode pengumpulan data dilakukan dengan meninjau literatur (*literature review*). Penelusuran jurnal penelitian dan artikel ilmiah dilakukan pada bulan Mei 2022 melalui

database jurnal elektronik yaitu *Google Scholar*, *Science Direct*, *Pubmed*, *Elsevier*, dan lain-lain. Penelusuran dilakukan menggunakan kata kunci, “*Bromelain Enzyme Activity in Pineapple Peels*”, “*Bromelain Activity in Pineapple*”, “*Bromelain in Pineapple*”, “Aktivitas Enzim Bromelin”, dan “Aktivitas Enzim Bromelin pada Nanas”.

Kriteria inklusi literatur adalah artikel ilmiah yang memiliki tahun publikasi 10 tahun terakhir yaitu tahun 2012–2022, berkaitan dengan aktivitas enzim bromelin pada kulit nanas, dan artikel yang membahas pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim bromelin pada kulit nanas. Literatur kriteria inklusi yang diperoleh berjumlah 9 artikel ilmiah internasional. Sedangkan, kriteria eksklusi literatur adalah artikel ilmiah dengan tahun publikasi di bawah 10 tahun terakhir, tidak berkaitan dengan topik aktivitas enzim bromelin pada kulit nanas, dan artikel dengan bahasa selain Bahasa Inggris atau Bahasa Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan aktivitas spesifik kulit tumbuhan nanas dari beberapa varietas dengan suhu & pH optimum menggunakan berbagai metode ekstraksi. Aktivitas enzim bromelin pada kulit nanas dari varietas *MD2* sebesar 76,43 U/mg. Sedangkan, pada varietas *Sugarloaf* menunjukkan hasil kekuatan aktivitas spesifik bromelin sebesar 47,01 U/mg. Metode ekstraksi yang dilakukan untuk memperoleh ekstrak kasar (*crude extract*) pada varietas *MD2* dan *Sugarloaf* adalah dengan menghomogenisasi bagian kulit dalam buffer fosfat dingin 0,1 M pH 7,0 menggunakan blender. Ekstrak disaring dengan kain saringan dan disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm dalam waktu selama 15 menit untuk menghilangkan bahan tidak larut, kemudian digunakan bagian supernatan untuk dilakukan analisis aktivitas enzim (Benefo &

Tabel 1. Data Aktivitas Enzim Bromelin dengan Kondisi pH dan Suhu Optimum.

Asal	Varietas	Kondisi Optimum		Aktivitas Spesifik (U/mg)	Metode Ekstraksi	Referensi
		pH	Suhu (°C)			
Ghana, India	MD2	N/A	N/A	76,3	Filtrasi & Sentrifugasi	(Benefo dan Ofosu, 2018)
	<i>Sugarloaf</i>			47,01		
Bangalore, India	<i>Ananas comosus</i>	6	40	190,35	Filtrasi & Sentrifugasi	(Krishnan dan Gokulakrishnan, 2015)
State of Pará, Brazil	<i>Ananas comosus</i>	6	50	45	Filtrasi & Sentrifugasi	(Rocha <i>et al</i> , 2018)
	<i>L. Merrill</i>			9,5		
Nigeria	<i>Ananas comosus</i>	7	40	150	Filtrasi & Sentrifugasi	(Omotoyinbo dan Sanni, 2017)
	<i>Ananas erectifolius</i>			9,8		
Thailand	<i>Ananas comosus</i> (phu-Lae variety)	7	35	96,45	Filtrasi & Sentrifugasi	(Gul <i>et al</i> , 2021)
Minas Gerais State, Brazil	<i>Ananas comosus</i> (Pérola variety)	6	70	5,76	Filtrasi & Sentrifugasi	(Silvestre <i>et al</i> , 2012)
		7		5,71		
Brazil	<i>Ananas comosus</i> (Pearl variety)	N/A	N/A	0,52	Filtrasi & Sentrifugasi	(Bresolin <i>et al</i> , 2013)
	<i>Ananas comosus</i>	4,5	4,5	141,70		
Kenya	<i>Ananas comosus</i> pada Upper AEZ			47,01	Filtrasi & Sentrifugasi	(Mohapatra <i>et al</i> , 2013)
	<i>Ananas comosus</i> pada Mid AEZ	N/A	N/A	50,76	Filtrasi	(Kahiro <i>et al</i> , 2017)
	<i>Ananas comosus</i> pada Lower AEZ			50,22		

Keterangan : N/A = data tidak tersedia

Ofosu, 2018).

Pada varietas *Ananas comosus* dari Bangalore diperoleh aktivitas spesifik bromelin sebesar 190,35 U/mg dengan pH dan suhu optimum sebesar 6 dan 40-60°C. Metode ekstraksi untuk memperoleh ekstrak kasar adalah dengan mencampur bagian kulit nanas yang sudah dipotong dengan *buffer* CH₃COONa, kemudian disaring dan filtrat disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm. Penentuan pH optimum dilakukan dengan menambahkan 1 ml asam HCl atau basa NaOH dan ditambahkan 1 ml gelatin. Kemudian, didiamkan semalaman di dalam lemari pendingin dan diperiksa terjadinya pematatan pada hari setelahnya. Sedangkan, penentuan suhu optimum

dilakukan pada rentang suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C. Sebanyak 1 ml sampel yang telah dimurnikan ditambahkan dengan 1 ml gelatin, kemudian diinkubasi pada rentang suhu tersebut dan diperiksa terjadinya pematatan pada hari setelahnya (Krishnan dan Gokulakrishnan, 2015).

Pada *Ananas comosus* L. Merrill cultivar Pérola, aktivitas spesifik bromelin yang diperoleh sebesar 45 U/mg dengan pH optimum 6 dan suhu optimum pada 50°C. Ekstrak kasar diperoleh dengan menyaring pada suhu ruang kulit nanas yang telah diproses menggunakan *food processor* dan disentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm dalam waktu selama 15 menit pada suhu 4 °C (Rocha *et al*, 2019).

Varietas *Ananas fitzmueller* menunjukkan aktivitas spesifik sebesar 9,5 U/mg, varietas *Ananas comosus* sebesar 150 U/mg, dan varietas *Ananas erectifolius* sebesar 9,8 U/mg. Ketiga varietas tersebut menunjukkan pH dan suhu optimum pada 7 dan 40°C. Metode yang dilakukan untuk mengekstraksi ketiga varietas nanas ini adalah mencampur bagian kulit dengan *buffer* sodium fosfat kemudian disaring dan filtrat di sentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm dalam waktu 20 menit pada suhu 4°C. Supernatan yang dihasilkan merupakan ekstrak kasar yang akan disimpan di dalam lemari pendingin pada suhu -4°C. Penentuan suhu optimum dilakukan dengan merubah suhu inkubasi pada rentang suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C, sedangkan penentuan pH optimum dilakukan dengan *buffer exchange* dengan rentang pH berbeda mulai dari *Glycine/HCL buffer* pH 4, *sodium acetate/acetic acid buffer* pH 4, 5, dan 6, *Sodium phosphate buffer* pH 7 dan 8 (Omotoyinbo & Sanni, 2017).

Ananas comosus (phu-Lae variety) memiliki aktivitas spesifik sebesar 96,45 U/mg dengan pH optimum 7 dan suhu optimum sebesar 35°C. Ekstrak kasar dari nanas varietas ini diperoleh dengan metode mencampur bagian kulit dengan *buffer* fosfat dingin (0,05 M, pH 7), kemudian disaring dan disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm dalam waktu 20 menit pada suhu 4°C. Supernatan yang dihasilkan disimpan di dalam lemari pendingin pada suhu -20°C. Penentuan suhu optimum dilakukan dengan perubahan suhu inkubasi dari rentang suhu 25°C, 35°C, 45°C, 55°C dan 65°C selama 2 jam. Sedangkan, penentuan pH optimum dilakukan melalui inkubasi dalam pH *buffer* yang berbeda mulai dari 3, 5, 7, dan 9 (Gul *et al*, 2021).

Pada *Ananas comosus* (Pérola variety) diperoleh aktivitas enzim sebesar 5,76 U/mg pada pH optimum 6 dan aktivitas enzim sebesar

5,71 U/mg pada pH optimum 7. Sedangkan, suhu optimum yang diperoleh adalah 70°C. Pada nanas varietas ini metode ekstraksi yang digunakan untuk memperoleh ekstrak kasar adalah dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 6.000 rpm dalam waktu 15 menit pada suhu 4°C. Penentuan pH optimum dilakukan dengan perubahan pH inkubasi pada rentang pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Sedangkan, penentuan suhu optimum dilakukan dengan perubahan suhu inkubasi pada rentang suhu 25°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, dan 80°C (Silvestre *et al*, 2012).

Pada *Ananas comosus* (Pearl variety) aktivitas enzim spesifik yang diperoleh sebesar 0,52 U/mg. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan ekstrak kasar dengan sentrifugasi pada kecepatan 8000 rpm dengan suhu 4°C dalam waktu 30 menit, lalu supernatan didinginkan pada suhu 4°C. Selain itu, tidak terdapat data mengenai pH dan suhu optimum (Bresolin *et al*, 2013).

Pada *Ananas comosus* aktivitas enzim spesifik yang diperoleh sebesar 141,70 U/mg dengan pH optimum 4,5 dan suhu optimum 45°C. Ekstrak kasar dari kulit nanas ini diperoleh dengan mencampur bersama *buffer* sodium asetat 0,1 M pH 7, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm dalam waktu 10 menit (Mohapatra *et al*, 2013).

Kulit nanas yang berasal dari *Upper Agro-ecological Zones* (AEZ) memiliki nilai kekuatan aktivitas spesifik enzim bromelin sebesar 47,01 U/mg, *Mid* AEZ sebesar 50,76 U/mg, dan *Lower* AEZ sebesar 50,22 U/mg. Pada ketiga nanas ini tidak dilakukan penentuan pH dan suhu optimum. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan ekstrak kasar pada nanas ini adalah mencampurkan dengan *buffer* sodium asetat, kemudian disaring sehingga diperoleh ekstrak kasar kulit nanas (Kahiro *et al*, 2017).

Kekuatan aktivitas enzim bromelin

memiliki besaran yang berbeda-beda tiap varietas dapat terjadi karena perbedaan jumlah bagian kulit nanas yang digunakan dalam penelitian. Aktivitas spesifik dari suatu enzim juga digunakan sebagai indeks pengukuran kemurnian dari fraksi enzim, di mana semakin murni suatu enzim maka kekuatan aktivitas spesifik dari enzim tersebut akan semakin tinggi (Benefo & Ofosu, 2018).

Tabel 1 menunjukkan bahwa aktivitas spesifik enzim bromelin terbesar terdapat pada *Ananas comosus* yang berasal dari Bangalore, India dengan aktivitas sebesar 190,35 U/mg. Sedangkan, aktivitas enzim terendah terdapat pada *Ananas comosus* (Pérola variety) dengan pH optimum 7 sebesar 5,71 U/mg.

Perbedaan aktivitas enzim dipengaruhi oleh varietas yang tumbuh pada iklim dan kondisi tanah yang berbeda. Umumnya, nanas tumbuh pada tempat dengan iklim tropis yang memiliki rata-rata suhu 18°C. Nanas memerlukan tanah lempung berpasir hingga berpasir, kaya akan bahan organik, drainase yang baik, dan pH di antara 4,5-6,5. Curah hujan yang dibutuhkan oleh tumbuhan nanas untuk dapat tumbuh dengan baik adalah 1000-1500 mm setiap tahun (National Weather Service, 2022).

Varietas nanas *MD2* dan *Sugarloaf* merupakan varietas yang tumbuh di daerah Ghana, India. Kondisi tempat tumbuh nanas varietas *MD2* di Ghana yaitu pada tanah bertekstur lempung liat atau lempung berlempung atau berpasir dengan pH antara 4,5 dan 6,5 (Thalip *et al*, 2015). Kondisi tempat tumbuh nanas dengan varietas *Sugarloaf* yaitu tanah lempung berpasir yang cukup subur dengan pH netral hingga agak asam. Sedangkan, iklim di Ghana terdiri atas massa udara yang kering dan panas serta tropis yang hangat dan lembab dengan suhu 22-33°C. Curah hujan tahunan dari bulan Agustus hingga September yang berkisar antara 78 hingga 216 cm

(Akpootu & Fagbemi, 2022; Britannica, 2022).

Varietas *Ananas comosus* dari Bangalore, India memiliki iklim tropis dan kondisi tempat tumbuh memiliki tanah yang bervariasi dari tanah laterit merah hingga tanah liat. Tanah liat memiliki kesuburan lebih tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lainnya. Curah hujan total tahunan rata-rata di wilayah ini sekitar 1706 mm dengan sekitar 60 hari hujan per tahun selama 10 tahun terakhir. Suhu musim panas berkisar antara 18°C hingga 38°C, sedangkan suhu musim dingin berkisar antara 12°C hingga 25°C (Sudhira *et al*, 2007).

Ananas fritzmuelleri, *Ananas comosus*, dan *Ananas erectifolius* merupakan varietas nanas yang berasal dari Nigeria. Iklim di daerah Nigeria merupakan iklim tropis dengan musim hujan dan kemarau (Britannica, 2022). Kondisi tempat tumbuh nanas yaitu dengan kondisi tanah dengan tingkat keasaman sedang hingga tinggi (FAO, 2015). Curah hujan dialami sepanjang tahun di Nigeria, dengan curah hujan paling tinggi terjadi di bulan April hingga Oktober dan curah hujan minimal terjadi pada bulan November hingga Maret yang dapat mencapai sekitar 1200 mm dengan suhu rata-rata 26.9°C (World Bank Group, 2022).

Varietas *Ananas comosus* L. Merrill yang berasal dari *State of Pará*, Brazil dengan iklim tropis dan suhu tahunan rata-rata adalah 26°C (Britannica, 2022). Secara umum, kondisi tanah di Pará tidak subur dan memiliki pH asam (Souza *et al*, 2018). Curah hujan paling sedikit dari Juni hingga Agustus, dan paling tinggi terjadi dari bulan Februari hingga April hingga mencapai 1,500 mm (Martorano *et al*, 2011).

Ananas comosus (phu-Lae variety) yang berasal dari Thailand memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata tahunan sebesar 26,3°C. Curah hujan yang tinggi terjadi di bulan Agustus

dan September. Sedangkan curah hujan tertinggi yang bertepatan dengan musim hujan di Thailand terjadi di bulan Mei hingga Oktober dengan rata-rata 1,542 mm (World Bank Group, 2021). Kondisi tanah untuk pertumbuhan di Thailand adalah tanah aluvial yang subur (Britannica, 2022).

Varietas *Ananas comosus* (Pérola variety) dan *Ananas comosus* (Pearl variety) yang berasal dari Minas Gerais State, Brazil memiliki iklim tropis dan suhu tahunan yang sama seperti varietas yang berasal dari State of Pará, Brazil. Wilayah ini memiliki tanah tipe aluvial dan tingkat curah hujan paling tinggi pada bulan Januari hingga April serta curah hujan minimal dari bulan Mei hingga Desember dengan rata-rata 1.000 and 1.500 mm (Britannica, 2022; OCHA, 2022).

Varietas *Ananas comosus* pada Upper AEZ, *Ananas comosus* pada Mid AEZ, dan *Ananas comosus* pada Lower AEZ yang berasal dari Kenya memiliki curah hujan yang bersifat bimodal. Hujan panjang terjadi dari pertengahan Maret sampai Juni sedangkan hujan pendek terjadi dari pertengahan Oktober sampai Desember pada rentang 500 mm hingga 1.300 mm. Suhu di wilayah ini memiliki rata-rata 18,7°C. Wilayah ini memiliki kondisi tanah yang bervariasi dari berpasir hingga lempung, dangkal hingga sangat dalam dan kesuburan rendah hingga tinggi. Namun, sebagian besar memiliki keterbatasan seperti keasaman, kesuburan dan drainase (Kahiro *et al*, 2017).

Pada **Tabel 1** dapat dilihat bahwa kulit nanas dengan varietas *Ananas comosus* dari Bangalore memiliki aktivitas spesifik tertinggi sebesar 190,35 U/mg. Hal tersebut dapat dilihat dari kondisi pertumbuhan nanas yang memiliki jenis tanah liat dengan kesuburan yang tinggi. Hal tersebut selaras dengan kondisi tumbuh yang bergantung pada tempat dengan iklim tropis, rata-

rata suhu 18°C, dan jumlah curah hujan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Sedangkan nanas dengan varietas *Ananas comosus* (Pearl variety) yang berasal dari Brazil memiliki aktivitas spesifik enzim terendah sebesar 0,52 U/mg. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kondisi pertumbuhan nanas di wilayah tersebut yang memiliki tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan nanas varietas tersebut.

Selain itu, curah hujan dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan nanas karena berkorelasi terhadap mencukupi kebutuhan pertumbuhan nanas dalam setahun. Telah diketahui bahwa jumlah curah hujan yang rendah tidak dapat mencukupi kebutuhan tumbuhan nanas selama delapan bulan dalam setahun, oleh karena itu direkomendasikan untuk menerapkan sistem irigasi untuk memasok kebutuhan air pada bulan-bulan yang defisit (Araya-Carvajal & Pascual-Barrera, 2020).

Metode preparasi yang berbeda pada sampel juga dapat mempengaruhi karakteristik dari enzim bromelin karena erat kaitannya dengan senyawa yang diperoleh pada proses ekstraksi serta jumlah rendemen. Pada **Tabel 1** hampir seluruh varietas nanas menggunakan metode ekstraksi dengan filtrasi dan sentrifugasi, kecuali varietas nanas yang berasal dari Upper AEZ, Mid AEZ, dan Lower AEZ menggunakan metode filtrasi saja tanpa dilakukan sentrifugasi.

Varietas MD2 merupakan salah satu varietas enzim yang memiliki spesifikasi nanas dengan rasa yang manis, memiliki warna keemasan, kandungan vitamin C empat kali lebih banyak, keasaman dan serat yang lebih rendah, ukuran buah lebih kecil, kulit lebih tipis, dan waktu paruh lebih panjang (Ahmadi *et al*, 2015). Sedangkan, spesifikasi varietas *Sugarloaf* memiliki bentuk seperti botol dengan warna daging buah

bervariasi mulai dari putih hingga kuning pucat, memiliki mahkota tanpa duri, dan inti nanas yang lembut serta sedikit garing sehingga buah dapat dikonsumsi hingga bagian ini (CBI, 2014).

Ananas fritzmuelleri memiliki spesifikasi kulit berwarna merah yang sebagian besar memiliki daun berwarna hijau dengan tepi daun putih yang akan berubah menjadi merah di musim semi dan musim gugur dan saat berbunga. Ciri khas warna merah pada daun dan buah nanas ini adalah karena terjadi akumulasi antosianin (Feng *et al*, 2022; Zhou *et al*, 2021). *Ananas erectifolius* merupakan varietas nanas yang memiliki daun halus dan tegak serta memiliki serat panjang yang mudah diekstraksi, sehingga nanas varietas ini disebut kaya akan serat (Liu *et al*, 2022).

Ananas comosus (phu-Lae variety) memiliki spesifikasi bentuk silindris dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan varietas lainnya, serta memiliki kulit yang agak tebal. Nanas varietas ini memiliki daging buah berwarna kuning pucat, tekstur renyah, serta memiliki aroma dan rasa yang manis (Sukporn *et al*, 2019).

Pérola variety atau Pearl variety merupakan varietas nanas yang umum ditemukan di Brazil. Spesifikasi dari nanas varietas ini adalah memiliki bulir yang ringan, rasa yang manis, dan memiliki daging buah berwarna putih, Nanas varietas ini tidak dipertimbangkan untuk dijadikan buah kaleng atau ekspor buah segar (Viana *et al*, 2013; Ming, 2018).

Penentuan pH optimum yang diperoleh pada **Tabel 1** telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan, yang di mana kondisi pH optimum enzim bromelin berada pada rentang 3-7 pada tiap bagian dari nanas (Corzo *et al*, 2011). Perbedaan hasil pH optimum dari tiap varietas nanas dapat dipengaruhi oleh sifat substrat, konsentrasi *buffer* dan jenis *buffer* yang digunakan, serta digunakannya agen pereduksi

(Nuraeni dkk, 2021). Pada **Tabel 1** varietas nanas *Sugarloaf*, MD2, dan *Ananas comosus* (phu-Lae variety) menggunakan *buffer* fosfat dingin dalam preparasinya. Pada varietas *Ananas comosus*, Upper AEZ, Mid AEZ, dan Lower AEZ digunakan *buffer* CH₃COONa. Pada varietas *Ananas fritzmuelleri*, *Ananas comosus*, dan *Ananas erectifolius* digunakan *buffer* sodium fosfat. Pada *Ananas comosus* (Pérola variety), *Ananas comosus* (Pearl variety), dan *Ananas comosus* L. Merrill cultivar Pérola tidak disebutkan jenis *buffer* yang digunakan. Selain itu, adanya perbedaan juga dapat disebabkan oleh metode pemurnian yang berbeda serta bagian-bagian tumbuhan yang digunakan (Rocha *et al*, 2019).

Hasil penentuan suhu optimum juga telah sesuai dengan kisaran suhu aktivitas bromelin yang telah ditetapkan yaitu pada rentang 30–70°C (Liang *et al*, 2012). Suhu optimum tidak berpengaruh terhadap aktivitas enzim, melainkan terhadap kestabilan dari struktur enzim. Sehingga, apabila suhu berada di atas 70°C akan terjadi denaturasi enzim karena dapat merusak struktur enzim dan terjadi pengurangan bahkan kehilangan kapasitas enzim. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat suhu meningkat terlalu tinggi, ikatan peptida dan disulfida akan terganggu, sehingga enzim ternonaktivasi (Martins *et al*, 2014).

SIMPULAN

Kekuatan aktivitas spesifik enzim bromelin tertinggi terdapat pada kulit *Ananas comosus* dari Bangalore yang memiliki iklim tropis mengandung tanah dengan jenis tanah liat yang memiliki kesuburan lebih tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lainnya. Curah hujan total tahunan rata-rata di wilayah ini sekitar 1706 mm dan suhu berkisar di 18°C. Aktivitas spesifik yang dihasilkan sebesar 190,35 U/mg dengan pH optimum sebesar 6 dan suhu optimum sebesar 40°C. Seluruh varietas telah

sesuai dengan kisaran pH dan suhu optimum yang telah ditetapkan sehingga tidak terjadi kerusakan pada enzim bromelin. Selain kondisi tempat pertumbuhan dari varietas tersebut, perbedaan aktivitas spesifik enzim juga dapat disebabkan oleh metode preparasi yang berbeda pada sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, A., Tong P.S., dan Casey, Ng. 2015. The MD2 'Super Sweet' pineapple (*Ananas comosus*). *UTAR Agriculture Science Journal*. 1(4): 15-17.
- Akpootu, D dan Fagbemi, A. 2022. Assessment of Wind Energy Potential For Accra, Ghana Using Two Parameter Weibull Distribution Function. *FUDMA Journal of Sciences*. 6(1): 222-231
- Araya-Carvajal, S.M dan Pascual-Barrera, A.E. 2020. Agro-Climatic factors required for the correct development of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivation. *Agroproductividad*. 13(10): 19-25.
- Bala, M., Ismail, N. A., Mel, M., Saedi, M., Salleh, H. M., Salleh, A., dan Jami, M. S. 2012. Bromelain production: current trends and perspective. *Archives des Sciences*. 65(11): 369-399.
- Benefo, E. O dan Ofosu, I. W. 2018. Bromelain Activity of Waste Parts of Two Pineapple Varieties. *Sustainable Food Production*. 2: 21-28.
- Bresolin, I. R. A. P., Bresolin, I. T. L., Silveira, E., Tambourgi, E. B., dahn Mazzola, P. G. 2013. Isolation and purification of bromelain from waste peel of pineapple for therapeutic application. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 56(6): 971-979.
- Britannica. 2022. Ghana. Tersedia online di <https://www.britannica.com/place/Ghana/> Religion. [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Britannica. 2022. Minas Gerais state Brazil. Tersedia online di <https://www.britannica.com/place/Minas-Gerais> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Britannica. 2022. Nigeria. Tersedia online di <https://www.britannica.com/place/Nigeria/Climate> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Britannica. 2022. Para state Brazil. Tersedia online di <https://www.britannica.com/place/Para-state-Brazil> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Britannica. 2022. Thailand. Tersedia online di <https://www.britannica.com/place/Thailand/Land> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- CBI. 2014. Product characteristics for fresh pineapples. Tersedia online di <http://www.cbi.eu/>. [Diakses pada 05 Juni 2022]
- Corzo, C. A., Krzysztof, Waliszewski, K. N., dan Welti-Chanes, J. 2011. Pineapple fruit bromelain affinity to different protein substrates. *Food Chemistry*, 133(3): 631-635.
- FAO. 2019. Food and Agricultural Commodities Production. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome: FAO.
- FAO. 2015. Priorities For Sustainable Soil Management In Nigeria. Ghana: FAO.
- Feng, L., Wang, J., Mao, M., Yang, W., Adje, M. O., Xue, Y., Zhou, X., Zhang, H., Luo, J., Tang, R., Tan, L., Lin, D., Zhang, X., Zang, Y., He, Y., Chen, C., Luan, A., Lin, W., Xu, W., dan Ma, J. 2022. The highly continuous reference genome of a leaf-chimeric red pineapple (*Ananas comosus* var. *bracteatus* f. *tricolor*) provides insights into elaboration of leaf color. *G3: Genes*,

- Genomes, Genetics. 12(2). 1-12.
- Gul, A., Siddiqui, M., Arain, H., Khan, S., Khan, H., dan Ishrat, U. 2021. Extraction, Partial Purification and Characterization of Bromelain from Pineapple (Ananas comosus) Crown, Core and Peel Waste. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 64(7): 1–10.
- Haug, R. T. 2019. *Lessons in Environmental Microbiology*. Florida: CRC Press.
- Hikal, W. M., Mahmoud, A. A., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovic, A., Tkachenko, K. G., Kačániová, M., dan Rodriguez, R. M. 2021. Pineapple (Ananas comosus L. Merr.), Waste Streams, Characterisation and Valorisation: An Overview. *Open Journal of Ecology*. 11(09): 610–634.
- Hossain, F. M. 2015. Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 4(1): 84.
- Irawan, H. D. W. P., Karno dan H. Jayadi. 2014. Pengaruh ekstrak limbah kulit buah nanas Cayenne dalam menurunkan jumlah bakteri Coli pada proses desinfeksi air bersih. *Widya Warta*. 1: 96-107.
- Ishizawa, K. 2013. *Intracellular pH Regulation of Plant Cells Under Anaerobic Conditions*. Vienna: Springer.
- Kahiro, S., Kagira, J., Maina, N., Karanja, S., dan Njonge, F. 2017. Enzymatic Activity of Bromelain from Crude Extracts of Crown, Peels and Stem of Pineapples from Different Agro-ecological Zones of Thika Region, Kenya. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*. 1(2): 1–6.
- Krishnan, A. V dan Gokulakrishnan, M. 2015. Extraction, Purification of Bromelain From Pineapple and Determination of Its Effect On Bacteria Causing Periodontitis. *IJPSR*. 6(12): 5284-5294.
- Liang, H., Li, M., Shi, M., Liao, A., dan Wu, R. 2012. Study on the stability of fruit bromelain. *Advanced Materials Research*. 421: 19–22.
- Liu, C., Zhang, W., dan He, Y. 2022. The complete chloroplast genome of Ananas comosus var. erectifolius (L.B. Smith) Coppens & Leal. *Mitochondrial Dna Part B*. 7(3): 431–433.
- Martins, B. C., Rescolino, R., Coelho, D. F., Zanchetta, B., Tambourgi, E. B., dan Silveira, E. 2014. Characterization of bromelain from ananas comosus agroindustrial residues purified by ethanol factional precipitation. *Chemical Engineering Transactions*. 37: 781–786.
- Martorano, L.G., Junior, S.B., Lisboa, L., Monteiro, D.C.A. 2011. Top-bioclimate conditions associated with the natural occurrence of two Amazonian tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil. *Ecosystems and Sustainable Development*. 144: 111-122.
- Masri, M. 2014. Isolasi dan Pengukuran Aktivitas Enzim Bromelin dari Ekstrak Kasar Bonggol Nanas (Ananas comosus) pada Variasi Suhu dan pH. *Biogenesis*. 1(2): 116-122.
- Minda, A. 2016. *Biomolekul Sel Karbohidrat, Protein, dan Enzim*. Padang: UNP Press.
- Ming, R. 2018. *Genetics and Genomics of Pineapple*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Mohapatra, A., Rao, V. M., dan Ranjan, M. 2013. Comparative study of the increased production & characterization of Bromelain from the peel, pulp & stem pineapple (Anannus commas). *International Journal of Advancements in Research & Technology*. 2(8): 249–279.

- Nathania dan Bratadiredja. 2018. Review: Isolasi dan Uji Stabilitas Enzim Bromelin dari Nanas (*Ananas comosus* L.). *Farmaka*. 16(1): 374-379.
- National Weather Service. 2022. Climate Zones. Tersedia online di <https://www.weather.gov/jetstream/climates> [Diakses pada 05 Juni 2022].
- Nuraeni, F., Maulana, I. T., dan Syafnir, L. 2021. Kajian Pustaka Karakterisasi Enzim Bromelin pada Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dari Berbagai Negara terhadap Pengaruh Suhu dan pH. *Prosiding Farmasi*. 7(2): 786–793.
- Omotoyinbo, O. V dan Sanni, D. M. 2017. Characterization of Bromelain from Parts of Three Different Pineapple Varieties in Nigeria. *American Journal of BioScience*. 5(3): 35–41.
- Pavan, R., Jain, S., Shraddha, dan Kumar, A. 2012. Properties and Therapeutic Application of Bromelain: A Review. *Biotechnology Research International*. 2012: 1–6.
- Praveen, N.C., Rajesh, A., Madan, M., Chaurasia, V. R., Hiremath, N. V., dan Sharma, A. M. 2014. In vitro Evaluation of Antibacterial Efficacy of Pineapple extract (bromelain) on Periodontal Pathogens. *Journal of International oral health*, 6: 96-98.
- Roberts, S. M dan Gibb, A. J. 2013. Introduction to enzymes, receptors and the action of small molecule drugs. In *Introduction to Biological and Small Molecule Drug Research and Development: Theory and Case Studies*. Amsterdam: Elsevier.
- Rocha, D. A., Queiroz, E. de R., Botelho, L. N. S., Fráguas, R. M., Santos, C. M. dos, Abreu, C. M. P., dan Sousa, R. V. de. 2019. In vitro enzyme activity and in vivo healing activity of the protein extract from pineapple peel. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*. 41(1): 1–9.
- Rosenberg, L., Krieger, Y., Bogdanov-Berezovski, A., Silberstein, E., Shoham, Y., Adam, J., dan Singer, A. J. 2014. A novel rapid and selective enzymatic debridement agent for burn wound management: A multicenter RCT. *Burns*. 40(3): 466-477.
- Santos, D.I., Faria, D.L., Lourenço, S., Martins, M.M. 2021. Heat Treatment and Wounding as Abiotic Stresses to Enhance the Bioactive Composition of Pineapple By-Products. *Applied Sciences*. 11(9):4313.
- Silvestre, M. P. C., Carreira, R. L., Silva, M. R., Corgosinho, F. C., Monteiro, M. R. P., dan Morais, H. A. 2012. Effect of pH and Temperature on the Activity of Enzymatic Extracts from Pineapple Peel. *Food and Bioprocess Technology*. 5(5): 1824–1831.
- Si-Yu, W., Hu, W., Zhang, B. O., Shuai, L., Wang, J. M., dan Wang, A. M. 2012. Bromelain ameliorates the wound microenvironment and improves the healing of firearm wounds. *Journal of Surgical Research*. 176(2): 503-509.
- Souza, E.S., Fernandes, A.R., Braz, A.M. S., Oliveira, F.J., Alleoni, L.R.F., Campos, M.C.C. 2018. Physical, chemical, and mineralogical attributes of a representative group of soils from the eastern Amazon region in Brazil. *SOIL*. 4(3): 195–212.
- Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V., dan Subrahmanya, M.H. B. 2007. City Profile Bangalore. *Cities*. 24(5): 379–390.
- Sukporn, S., Sirimuangmoon, C., Kondo, S., dan Seta, S. 2019. Effect of harvesting season, maturity stage and storage temperature on internal browning and postharvest quality of ‘Phulae’ pineapple. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*. 5:

- 212-219.
- Thalip, A.A.B., Tong, P.S. and Ng, C. 2015. The MD2 super sweet pineapple (*Ananas comosus*): A new pineapple variety, MD2, has been selected to spearhead Malaysia's new ambitions in pineapple export. *UTAR Agric. Sci. J.* 1: 14-17.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). 2022. ACAPS Briefing Note - Brazil: Floods in Bahia and Minas Gerais, 07 February 2022. Tersedia online di <https://reliefweb.int/report/brazil/acaps-briefing-note-brazil-floods-bahia-and-minas-gerais-07-february-2022> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Viana, E.S., Reis, R.C., Jesus, J.L., Junghans, D.T., Souza, F. V. D. 2013. Physico-chemical characterization of new hybrids pineapple resistant to fusariosis. *Ciência Rural.* 43(7): 1155-1161.
- World Bank Group. 2022. Nigeria. Tersedia online di <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/nigeria/climate-data-historical#:~:text=Mean%20annual%20precipitation%20is%201%2C165.0,rainfall%20occurring%20November%20to%20March.> [Diakses pada 30 Desember 2022].
- World Bank Group. 2021. Climate Risk Country Profile: Thailand. Tersedia online di https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-08/15853-WB_Thailand%20Country%20Profile-WEB_0.pdf [Diakses pada 30 Desember 2022].
- Zhou, X., Xue, Y., Mao, M., He, Y., Adjei, M. O., Yang, W., Hu, H., Liu, J., Feng, L., Zhang, H., Luo, J., Li, X., Sun, L., Huang, Z., dan Ma, J. 2021. Metabolome and transcriptome profiling reveals anthocyanin contents and anthocyanin-related genes of chimeric leaves in *Ananas comosus* var. *bracteatus*. *BMC Genomics.* 22(1): 1–18.