

Inovasi dan Karakteristik BAL Limbah Bonggol Nanas dalam Menghasilkan Enzim Bromelin

Della Trya Monica^{1)*}, Rara Aprilia¹⁾, Septiasri Anggun¹⁾, Irdawati¹⁾

¹⁾Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang

*Email: tryamonicadella@gmail.com

ABSTRACT

*Pineapple plants (*Ananas comosus* (L.) Merr) are one of the fruit plants that are widely cultivated in Indonesia. Bromelain or sulfhydryl proteolytic enzymes is a protein found in the pineapple plant (*Ananas comosus* (L.) Merr) from the Bromeliaceae family which is included in the protease enzyme group. This research aims to determine the lactic acid levels in the bromelain enzyme from pineapple tubers and analyze the relationship between lactic acid levels in the bromelain enzyme from pineapple tubers and honey. The method used in this research is the fermentation method and alkalimetric titration. Total Plate Count (ALT) testing, gram staining, calculation of lactic acid content and alcohol content, as well as organoleptic tests of samples were carried out from the pineapple tuber fermentation solution. The results of the research showed that gram staining showed negative gram results with the form of coccus and streptococcus bacteria. In the ALT test, the highest levels of lactic acid and alcohol levels were found in the treatment of pineapple chunks, which was caused by the juice in the pineapple tubers not being completely decomposed. The organoleptic test on the pineapple slice samples had a yellow, slightly brown color with a pungent odor and the presence of gas, while the pineapple extract samples had a dark brown color with a pungent color and no gas.*

Kata kunci: *Pineapple weevil, Bromelain Enzyme, Lactic Acid Content, Alcohol Content, Akalimetric Titration*

ABSTRACT

Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) merupakan salah satu tanaman buah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Bromelain atau *sulfhydryl proteolytic enzymes* adalah protein yang ditemukan dalam tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) dari keluarga Bromeliaceae yang termasuk dalam kelompok enzim protease. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar asam laktat pada enzim bromelin dari bonggol nanas dan menganalisis hubungan antar kadar asam laktat pada enzim bromelin dari bonggol nanas dan madu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode fermentasi dan titrasi alkalimetri. Pengujian *Total Plate Count* (ALT), pewarnaan gram, perhitungan kadar asam laktat dan kadar alkohol, serta uji organoleptik sampel dilakukan dari larutan fermentasi bonggol nenas. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pada pewarnaan gram didapatkan hasil gram negatif dengan bentuk bakteri coccus. Pada pengujian ALT didapatkan jumlah koloni terbanyak pada perlakuan potongan nanas yaitu $6,45 \times 10^5$, kadar asam laktat tertinggi didapatkan pada pengujian titrasi ke-8 dengan nilai 3,7% sedangkan kadar alkohol tertinggi terdapat pada perlakuan potongan nanas dengan nilai 7,5%. Uji organoleptik pada sampel potongan nanas memiliki warna kuning sedikit coklat dengan bau menyengat dan

terdapat gas, sedangkan pada sampel ekstrak nanas memiliki warna coklat tua dengan warna menyengat dan tidak adanya gas.

Kata kunci: Bonggol nanas, Enzim Bromelin, Kadar Asam Laktat, Titrasi Akalimetri

PENDAHULUAN

Di Indonesia banyak dibudidayakan tanaman nanas karena merupakan salah satu negara yang beriklim tropis yang sesuai dengan syarat tumbuh dari tanaman nanas. Berdasarkan bentuk daun dan buah dikenal 4 jenis nanas, diantaranya cayenne (daun halus, tidak berduri, buah besar), queen (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), Spanish (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar), dan abacaxi (daun panjang berduri kasar, buah silindris, atau seperti piramida). Jenis nanas yang terdapat pada perkebunan di Indonesia adalah golongan *cayenne* dan *queen*. Sementara untuk golongan Spanish telah dikembangkan di kepulauan India Barat, Puerto Rico, Mexico, dan Malaysia (Media, 2009).

Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) merupakan salah satu tanaman buah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman ini mempunyai banyak manfaat terutama pada buahnya. Industri pengolahan buah nanas di Indonesia menjadi prioritas tanaman yang masih dikembangkan. Selain dapat dikonsumsi sebagai buah segar juga dapat diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, seperti selai, sirup, dan buah dalam kalengan. Produksi pengolahan nanas tersebar diberbagai daerah di Indonesia. Buah nanas (*Ananas comosus*) banyak mengandung zat gizi antara lain vitamin A, kalsium, fosfor, magnesium, besi, natrium, kalium, dekstrosa, sukrosa (gula tebu), serta enzim bromelin (bromelain) yang merupakan 95%-campuran protease sistein, yang dapat menghidrolisis protein (proteolisis) dan tahan terhadap panas (Wijayanti, 2009).

Enzim merupakan satu atau beberapa gugus polipeptida (protein) yang berperan sebagai katalis biologi (bio-katalisator) yang mampu mempercepat terjadinya proses reaksi tanpa habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia (Wiyati & Tjitraesmi, 2018). Enzim protease adalah salah satu jenis enzim yang berperan dalam hidrolisis protein. Salah satu sumber enzim protease adalah nanas (*Ananas comosus*). Di Indonesia nanas menjadi komoditas terbesar kedua setelah pisang (Anggalia & Ginting, 2013). Nanas mengandung enzim protease yang biasa disebut enzim bromelin. Enzim bromelin termasuk dalam golongan enzim protease ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti peptida rantai pendek dan asam amino (Salahudin, 2011).

Bromelain adalah protease yang umum tersedia yang berasal dari nanas, dan memiliki penerapan komersial yang luas dalam makanan, obat-obatan, deterjen, dan tekstil karena aktivitas proteolitiknya yang kuat (Arshad dkk., 2014). Bromelain juga dapat memberikan manfaat terapeutik termasuk pengobatan oral untuk penyakit inflamasi, penyakit terkait pembekuan darah, dan modulasi pertumbuhan tumor

karena aktivitas antiinflamasi, antitrombotik, antiedema, dan fibrinolitiknya (Maurer, 2001). Aktivitas anti- inflamasi bromelain terkait dengan aktivitas proteolitik karena bromelain menghilangkan molekul permukaan sel tertentu yang dapat mempengaruhi migrasi dan aktivasi limfosit (Hale dkk., 2005). Mempertahankan aktivitas proteolitik bromelain sangat penting untuk penerapannya. Bromelain, terutama bromelain batang yang dominan pada bromelain yang tersedia secara komersial, menunjukkan aktivitas pada rentang pH yang luas (Umesh Hebbar dkk., 2008).

Sumber enzim bromelain berasal dari beberapa bagian buah nanas yang dimanfaatkan seperti buahnya (Kusuma et al., 2015), kulit (Kumaunang dan Kamu, 2011) dan batang (Masri, 2013). Sedangkan untuk mahkota nanas sendiri belum banyak dilakukan penelitian mengenai pemanfaatannya. Enzim tersebut biasanya diproduksi dengan cara diekstraksi langsung dari bahan-bahan segar sehingga sulit disimpan dalam bentuk mentahnya. Inovasi yang dilakukan adalah dengan mengeringkan mahkota nanas menjadi bubuk sebelum diambil ekstrak kasar enzim bromelainnya. Dalam proses pengeringan perlu diperhatikan suhu optimalnya agar tidak menimbulkan kerusakan zat aktif pada bahan baku yang tidak tahan panas sehingga dapat menurunkan mutu produk yang dihasilkan (Widhyastini, 2013).

Bakteri asam laktat merupakan kelompok mikroba yang berperan dalam proses fermentasi pangan. Beberapa metabolit aktif yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yaitu asam laktat, etanol, hidroperoksida dan bakteriosin. Metabolit yang dihasilkan oleh bakteri tersebut merupakan agen yang dapat digunakan dalam membunuh bakteri. Salah satu yang digunakan sebagai antimikroba yaitu bakteriosin yang merupakan suatu senyawa peptida. Selain itu asam laktat yang di produksi oleh BAL dapat menurunkan pH lingkungan. pH yang rendah dapat menghambat kontaminasi mikroba pembusuk dan juga membunuh mikroba patogen (Susanti, 2015).

Bakteri asam laktat mempunyai kemampuan memfermentasikan gula menjadi asam laktat, karena produksi asam laktat oleh BAL berjalan dengan cepat, maka pertumbuhan mikroba lain yang tidak diinginkan dapat terhambat (Putri, 2018). Urnemi dkk. (2012) menyatakan, awalnya BAL terdiri dari 4 genus yakni *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* dan *Streptococcus*. Namun, seiring berkembangnya ilmu di bidang molekuler, tahun 1980-an genus dari bakteri asam laktat berkembang menjadi 20 genus. BAL secara umum tidak bersifat berbahaya atau patogen dan termasuk dalam jenis mikroorganisme yang aman (*food grade microorganism*).

Nanas (*Ananas Comosus* (L.) Merr) merupakan salah satu komoditas unggulan di Indonesia, yang ditandai dengan tingginya produksi nanas yang menempati posisi ketiga setelah pisang dan mangga. Untuk wilayah Asia Tenggara, Indonesia termasuk penghasil nanas terbesar ketiga setelah Filipina dan Thailand dengan kontribusi sekitar 23% (Susanti, 2015). Peningkatan produksi nanas menyebabkan meningkatnya limbah dari nanas karena manusia hanya mengkonsumsi daging nanas dan komponen buah yang tidak digunakan dibuang menjadi limbah. Ditemukan

bahwa hanya sekitar 30% dari seluruh berat buah nanas adalah bagian yang dimanfaatkan sedangkan sisanya yang 70% dianggap sebagai komponen yang tidak digunakan seperti kulit, inti, mahkota dan batang (Nor et al., 2015). Limbah dari nanas tersebut mengandung protein bromelain yang memiliki efek farmakologi (Ketnawa dkk., 2012).

Bromelain atau *sulphydryl proteolytic enzymes* adalah protein yang ditemukan dalam tanaman nanas (*Ananas Comosus* (L.) Merr) dari keluarga Bromeliaceae yang termasuk dalam kelompok enzim protease. Bromelain merupakan salah satu jenis enzim protease sulfhidril yang mampu menghidrolisis ikatan esehat pada protein atau polipeptida menjadi molekul yang lebih kecil (Bala dkk., 2012). Bromelin dapat diperoleh dari tanaman nanas baik dari tangkai, kulit, daun, buah, maupun batang dalam jumlah yang berbeda tetapi bromelin lebih banyak terdapat pada batang nanas yang selama ini belum dimanfaatkan. Bromelain yang ditemukan dalam batang nanas (EC 3.4.22.32, sebelumnya EC 3.4.22.4), memiliki titik isoelektrik (PI) 9.5, dan merupakan protease paling melimpah di jaringan nanas dan bromelain yang ditemukan dalam buah nanas (EC 3.4.22.33, sebelumnya EC 3.4.22.5), memiliki PI 4.6, dengan jumlah protease yang lebih rendah dibandingkan dengan batang bromelai (Kumar dkk., 2017; Maurer, 2001).

Pada tahap akhir, enzim bromelin dilakukan proses pengeringan. Enzim bromelin merupakan enzim yang akan rusak pada suhu 60–70°C, sehingga diperlukan perlakuan pada tahap pengeringan agar enzim bromelin tidak mengalami kerusakan. Misalnya dengan menggunakan oven vakum atau *freeze drying* (pengering beku). Pengeringan dengan *freeze drying* atau pengering beku memiliki prinsip pengeringan yang berbeda dengan oven vakum. Pada oven vakum menggunakan suhu panas dan dibantu oleh tekanan vakum untuk penguapan air, sedangkan pada *freeze drying* menggunakan prinsip suhu dingin untuk penyubliman air. Suhu pengeringannya bisa mencapai -50°C. Penggunaan suhu rendah merupakan kelebihan penggunaan alat pengering *freeze drying*, karena suhu pengeringan yang digunakan tidak akan merusak enzim. (Ishak, 2012).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan April–Mei 2024. Lokasi penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Mikrobiologi lantai 3, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Metode yang digunakan berupa fermentasi dan metode titrasi akalimetri.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu botol fermentasi, tabung reaksi, gelas beaker 500 mL, gelas ukur 250 mL, *erlenmeyer* 500 mL dan 100 mL, pipet tetes, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *vortex*, alat titrasi, blender, sarung tangan, saringan dan

pisau. Adapun bahan yang digunakan yaitu, bongkol nanas 400 gram, madu asli, NaOH 0,1 N, medium NA (Nutrient Agar), bubuk PP/Indikator phenoftalein, aquades, kristal violet, lugol, alkohol 96%, dan safranin.

Prosedur Penelitian

a. Pembuatan reagen titran NaOH 0,1 N

Larutan NaOH 0.1 N dibuat berdasarkan Islami (2022) yaitu melarutkan sebanyak 4 g NaOH kedalam 10 mL aquades. Campuran tersebut ditambahkan dengan aquades hingga batas ukur labu ukur 1 liter. Larutan tersebut disimpan untuk perlakuan selanjutnya dalam mengetahui kadar asam asetat yang terkandung pada bonggol nanas.

b. Pembuatan Indikator Fenolftalein 1%

Serbuk PP ditimbang seberat 1 g. Serbuk tersebut diencerkan dengan menambahkan aquades sebanyak 100 mL. Campuran tersebut disimpan untuk perlakuan selanjutnya dalam menguji kadar asam laktat

c. Isolasi serbuk enzim bromelin

Bonggol nanas dibuat 2 perlakuan, yaitu potongan nanas ditambah madu asli dan ekstrak nanas ditambah madu asli lalu ditambahkan aquades. Larutan bonggol nanas dimasukkan ke dalam botol fermentasi, kemudian didiamkan selama 40 hari. Hasil larutan fermentasi ini digunakan untuk pengujian ALT (Plate Count Number), pewarnaan gram, perhitungan kadar alkohol dan kadar asam laktat, serta pengujian organoleptik sampel.

Pengujian Kadar Asam Laktat

$$KAL = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times BE \text{ Asam Laktat} \times \text{Pengenceran}}{M \text{ Sampel} \times 100\%}$$

Keterangan :

KAL	= Kadar Asam Laktat
N NaOH	= Molaritas NaOH (0,1 N)
BE Asam Laktat	= Massa Molar (90,08 mol)
Pengenceran	= Faktor Pengenceran
M Sampel	= Konsentrasi Sampel

Pengujian Kadar Alkohol

$$AL = \frac{Vt \times M \times Mr \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3}{\text{Massa Sampel} \times 100} \times 100\%$$

Keterangan :

Vt = Rata-rata hasil titrasi (mL)

M = Molaritas NaOH (0,1 N)

Mr = Massa Relatif

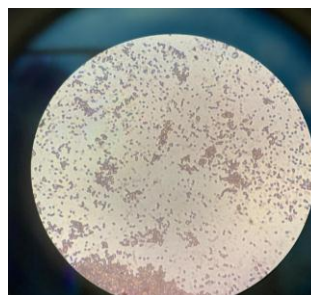
d. Uji organoleptik

Pengujian organoleptik dari enzim bromelin dapat berupa warna, bau dan ada atau tidak nya gas. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bonggol nanas yang digunakan pada percobaan ini adalah bonggol nanas yang sudah matang. Berdasarkan penelitian sebelumnya, semakin matang buah nanas maka kandungan enzim bromelinnya semakin banyak. Namun, banyaknya kandungan enzim tidak mempengaruhi aktivitas proteolitik dari enzim bromelin. Sebaliknya Tingkat kematangan yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas proteolitik ekstrak kasar dari enzim bromelin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin matang buah nanas maka kereaktifannya semakin bertambah (Poba dkk., 2019)

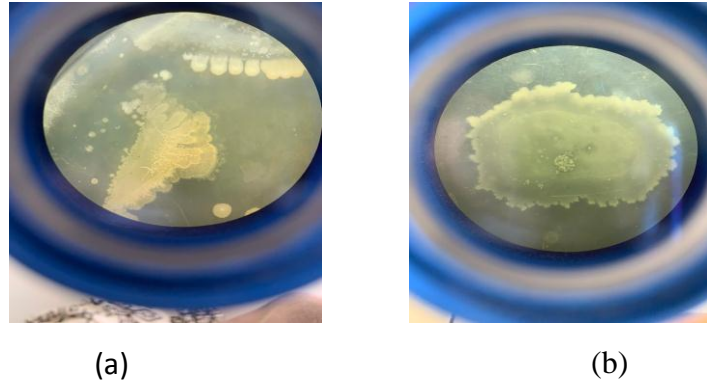
Dalam pewarnaan gram, pengujian dilakukan dengan beberapa indikator, yaitu kristal violet, lugol, alkohol 96%, dan safranin. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop untuk melihat pewarnaan dan bentuk bakteri yang dihasilkan.



Gambar 1. Hasil pewarnaan bakteri

Dari gambar 1 terlihat bahwa hasil pengujian pewarnaan gram menghasilkan pewarnaan gram negatif karena berwarna biru keungu-unguan. Bakteri yang

didapatkan yaitu coccus. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa enzim bromelin pada bonggol nanas dapat terbentuk secara alami dengan adanya bakteri jenis gram negatif berbentuk coccus dengan jumlah yang sangat banyak.



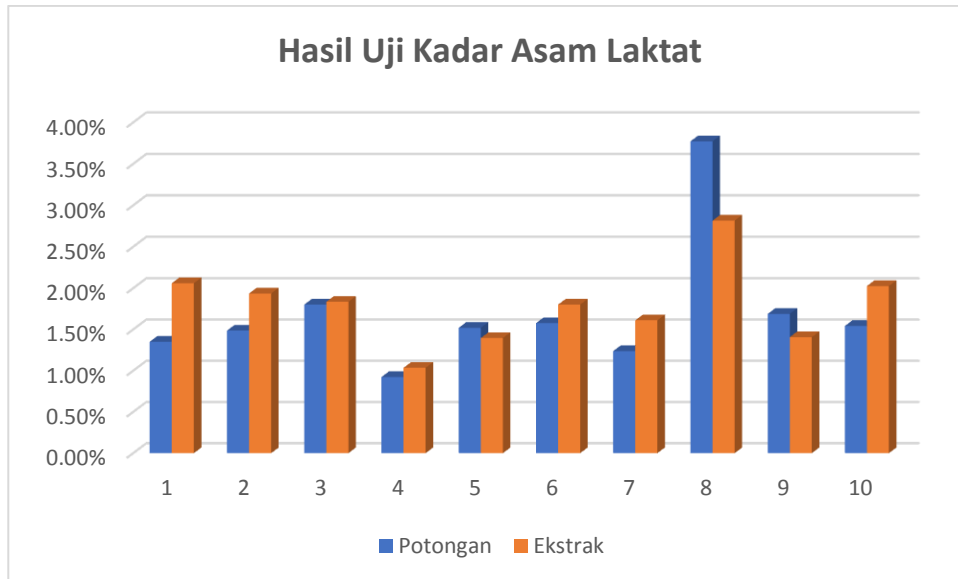
Gambar 2. Hasil pengamatan makroskopis

Berdasarkan gambar 2 terlihat hasil dari pengamatan makroskopis dengan menggunakan mikroskop stereo. Pada gambar (a) merupakan hasil pengamatan bakteri di pengenceran 10^{-4} , dimana koloni bakteri memiliki bentuk yang tidak beraturan dan berwarna putih kekuningan. Sedangkan pada gambar (b) merupakan hasil pengamatan bakteri di pengenceran 10^{-5} , dimana koloni bakteri memiliki bentuk yang sedikit lonjong dengan pinggirannya bergerigi menyerupai awan dan berwarna putih krem.

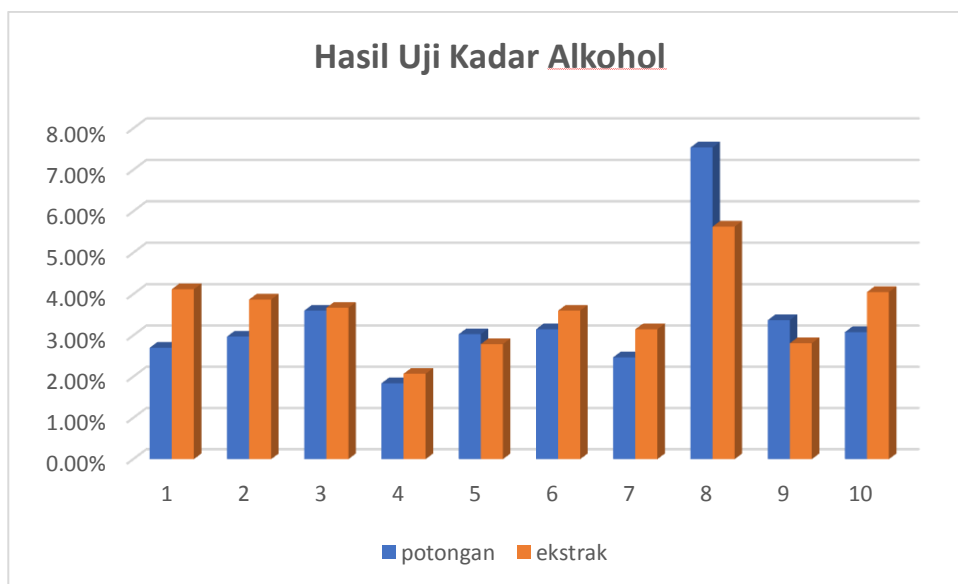
Tabel 1. Hasil Uji ALT (Angka Lempeng Total) Bakteri

Perlakuan	Hasil ALT		Rata-Rata
	Botol 1	Botol 2	
Ekstrak Nanas	$4,9 \times 10^{-5}$	$5,6 \times 10^{-5}$	$5,25 \times 10^{-5}$
Potongan Nanas	$6,3 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-5}$	$6,45 \times 10^{-5}$

Berdasarkan Tabel 1, hasil uji ALT menunjukkan jumlah koloni terbanyak yaitu terdapat pada perlakuan potongan nanas. Hal ini dikarenakan sari bonggol nanas pada perlakuan potongan belum terurai sempurna sehingga membutuhkan lebih banyak mikroba untuk menguraikannya.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kadar Asam Laktat



Gambar 4. Hasil Pengujian Kadar Alkohol

Dari pengujian kadar asam laktat diperoleh pada perlakuan potongan nanas titrasi 4 hari ke-8 yang memiliki rata-rata tertinggi yaitu, 3,7%. Sedangkan pada pengujian kadar alkohol juga diperoleh pada perlakuan potongan nanas titrasi 4 hari ke-8 dengan rata-rata tertinggi yaitu 7,5%. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya waktu fermentasi, pH larutan, suhu ruang, jenis mikroorganisme, dan konsentrasi enzim bromelin.

Tabel 2. Pengujian Organoleptik

Indikator	Potongan Nanas	Ekstrak Nanas
Warna	Kuning sedikit kecoklatan	Coklat tua
Bau	Sangat menyengat	Sangat menyengat
Gas	Ada Gas	Tidak ada gas

Setelah dilakukan fermentasi selama 40 hari, terdapat beberapa perubahan pada potongan dan ekstrak nanas. Pada potongan nanas terjadi perubahan warna dari yang awalnya kuning cerah menjadi kuning sedikit kecoklatan, bau yang sangat menyengat, dan adanya gas. Sedangkan pada ekstrak nanas warna nya berubah menjadi coklat tua, bau menyengat tetapi tidak ada gas. Hal yang menyebabkan adanya gas dalam hasil fermentasi nanas diantaranya, produksi CO₂, aktivitas mikroba lain, tekanan dari dalam tutup botol, sisa gula dan suhu penyimpanan yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

1. Bakteri yang didapatkan pada penelitian ini yaitu bakteri dengan bentuk coccus yang membuktikan keberhasilan dari penelitian. Hal ini karena enzim bromelin terbentuk secara alami dengan adanya bakteri gram negatif berbentuk coccus
2. Kadar asam laktat dan kadar alkohol tertinggi didapatkan pada titrasi 4 hari ke-8 yaitu 3,7% dan 7,5%

REFERENSI

- Anggalia, I., & Ginting, Y. (2013). PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA APLIKASI IBA (INDOLE BUTIRIC ACID) TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT NANAS (*Ananas comosus* [L.] Merr.) ASAL TUNAS MAHKOTA. *JURNAL AGROTROPIKA*.
- Arshad, ZIM, Amid, A., Yusof, F., Jaswir, I., Ahmad, K., & Loke, SP (2014). Bromelain: *Tinjauan aplikasi industri dan strategi pemurnian. Mikrobiologi dan Bioteknologi Terapan*, 98(17), 7283–7297.

- Bala, M., Ismail, N. A., Mel, M., Jami, M. S., Mohd Salleh, H., & Amid, A. (2012). Bromelain production: Current trends and perspective. *In Archives des Sciences* (Vol. 65, Issue 11, pp. 369–399).
- Ishak, M. christy. (2012). *Pengaruh Proses Pengeringan Dan Imobilisasi Terhadap Aktivitas Dan Kestabilan Enzim Bromelain Dari Buah Nenas (Ananas Comosus (L) Merr)*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Kumar, S., & Lambda, M. (2017). Comparative study of extraction , purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant Abstract : 34(September), 67–76.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*.
- Maurer, HR (2001). Bromelain: Biokimia, farmakologi dan penggunaan medis.Seluler dan CmLS *Ilmu Kehidupan Molekuler*, 58(9), 1234–1245.
- Media, A. (2009). *Buku Pintar Budidaya Tanaman Buah Unggul Indonesia*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Putri, A.L.O. dan Endang, K. 2018. Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*. Vol. 1, No.
- Susanti, A. A. (2015). Outlook Nenas. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Salahudin, F. (2011). Pengaruh Bahan Pengendap Pada Isolasi Enzim Bromelin dari Bonggol Nanas. *Biopropal Industri*, 02(01), 27–31.
- Urnemi, Syukur, S., Endang, P., Sanusi, I., Jamsari. 2012. Potensi Bakteri Asam Laktat Sebagai Kandidat Probiotik Antimikroba Patogen Asal Fermentasi Kakao Varietas Criollo. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. Vol. 6 No. 12.
- Widhyastini, IM (2017). Pengaruh pengeringan kulit luar dan dalam buah manggis (*Gracinia mangostana*, L.) terhadap kandungan analisis proksimat, alkaloid dan flavanoid. *Jurnal Sains Alam*, 3(2), 193-200.
- Wiyati, P. I., & Tjitraresmi, A. (2018). Karakterisasi, Aktivasi, dan Isolasi Enzim Bromelin dari Tumbuhan Nanas (*Ananas sp.*). *Farmaka*, 16(2), 179–185.
- Wijayanti. (2009). *Fakta Penting Seputaran Kesehatan Reproduksi Wanita*. Female

Umesh Hebbar, H., Sumana, B., & Raghavarao, KSMS (2008). Penggunaan misel terbalik sistem untuk ekstraksi dan pemurnian bromelain dari limbah nanas. *Teknologi Sumber Daya Hayati*, 99(11).