

JURNAL METAMORFOSA

Journal of Biological Sciences

eISSN: 2655-8122

<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

Pengaruh Rasio *Crude Enzim Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* terhadap Kadar Gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.)

The Effect of *Crude Enzyme Ratio Aspergillus niger* and *Trichoderma reesei* Against Sugar and Bioethanol Content of Fermented Jackfruit Skin (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.)

Diana Pertiwi¹, Trianik Widyaningrum^{2*}

¹Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

²Dosen Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

*Email: dianatiwi54@gmail.com¹, trianikwidyaningrum@gmail.com²

INTISARI

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung selulosa, misalnya kulit buah nangka yang mengandung selulosa 38,69% v/v. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan *crude* enzim *A. niger* dan *T. reesei* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit buah nangka menggunakan *Z. mobilis*. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Rancangan percobaan menggunakan RAL dengan variabel bebas rasio *crude* *A. niger* dan *T. reesei* dengan varian (0:0), (0:1), (1:0), (1:1), (1:2), (2:1), (1:3), dan (3:1). Variabel terikat berupa kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit buah nangka. Kadari gula diukur dengan metode DNS. Kadar etanol diukur menggunakan alkoholmeter. Data eksperimen dianalisis dengan SPSS uji ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio *crude* enzim *A. niger* dan *T. reesei* berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol fermentasi kulit buah nangka menggunakan *Z. mobilis*. Kadar gula tertinggi pada rasio *crude* enzim *A. niger* : *T. reesei* 1:0 sebesar 11,99 % v/v dan kadar etanol tertinggi pada rasio *crude* 2: 1 yaitu 3,16 % v/v.

Kata Kunci : Kulit Buah Nangka, Bioetanol, *A. niger*, *T. reesei*, *Z. mobilis*

ABSTRACT

Bioethanol is ethanol derived from biological sources and can be used as an alternative fuel. Bioethanol can be made from materials that contain cellulose, for example jackfruit rind which contains 38.69% v/v cellulose. The purpose of this study was to determine the effect of the ratio of crude enzymes *A. niger* and *T. reesei* to the sugar and bioethanol content of fermented jackfruit rind using *Z. mobilis*. This type research is experimental research. The experimental design used RAL with the independent variable ratio of crude *A. niger* and *T. reesei* with variants (0:0), (0:1), (1:0), (1:1), (1:2), (2:1), (1:3), and (3:1). The dependent variables were sugar content and bioethanol from fermented jackfruit rind. Sugar content was measured by the DNS method. Ethanol content was measured using an alcoholmeter. Experimental data were analyzed by SPSS ANOVA test. The results showed that the ratio of crude enzymes *A. niger* and *Trichoderma reesei* affected the sugar content and bioethanol fermented jackfruit

peel using *Z. mobilis*. The highest sugar content in the crude enzyme ratio *A. niger*: *T. reesei* 1:0 of 11.99% v/v and the highest ethanol content of the crude ratio of 2: 1, which is 3.16% v/v.

Keywords: Jackfruit skin , Bioethanol, *A. niger*, *T. reesei*, *Z. mobilis*

PENDAHULUAN

Sumber energi yang dibutuhkan oleh masyarakat adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Saat ini di Indonesia mulai mengalami kelangkaan BBM, hal ini dikarenakan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat seperti bahan bakar bermotor, pembangkit listrik dan kegiatan industri. Ketersediaan bahan bakar di bumi semakin hari semakin berkurang, karena bahan bakar minyak termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (Irvan *et al.*, 2016). Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM). Produk alternatif yang dapat dijadikan pengganti BBM salah satunya adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan menghasilkan gas emisi karbon yang cukup rendah dibanding dengan bensin atau sejenisnya, hingga 85% lebih rendah (Rifa'i *et al.*, 2018). Bahan baku yang dapat diubah menjadi bioetanol adalah yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi yaitu selulosa, sukrosa, fruktosa, dan pati. Bahan-bahan yang mengandung kandungan tersebut dapat diproses menjadi bioetanol melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme (Junaini *et al.*, 2019). Untuk membuat bioetanol ramah lingkungan maka harus digunakan bahan organik salah satu bahan organik yang melimpah dan belum banyak digunakan di masyarakat adalah kulit buah nangka.

Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) merupakan tanaman yang hidup di daerah beriklim tropis dan banyak tumbuh di Indonesia. Selama ini, pemanfaatan nangka umumnya hanya dikonsumsi daging buahnya dan bijinya saja, sedangkan kulit buahnya dibuang begitu saja dibiarkan menumpuk di tempat sampah. Jika diolah limbah kulit buah nangka bisa dijadikan sebagai penghasil bioetanol, karena kulit buah nangka mengandung karbohidrat yang tinggi seperti selulosa 38,69%, glukosa, fruktosa,

sukrosa, dan pati mencapai 15,87% sedangkan protein kulit buah nangka 1,30% (Syam'un, 2015).

Crude enzim merupakan enzim yang dalam proses pembuatannya tidak dimurnikan, karena dalam proses pembuatannya tergolong mudah, biaya yang digunakan cukup terjangkau, dan waktu pembuatannya tergolong lebih cepat dibandingkan dengan yang dimurnikan (Retnoningtyas *et al.*, 2013). *Crude* enzim yang digunakan pada penelitian ini yaitu *A. niger* dikenal sebagai salah satu mikroorganisme yang memiliki kemampuan yang tinggi untuk menghasilkan berbagai enzim yang penting penerapannya dalam industri pangan seperti enzim selulase dan amylase (Hasanah, 2017). *Trichoderma reesei* termasuk salah satu jenis kapang penghasil enzim selulolitik yaitu kapang yang dapat menghasilkan selulase (Fatimah, Ginting, dan Sirait, 2017).

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini limbah kulit buah nangka, *Nutrient Agar* (NA), *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Nutrient Broth* (NB). Bahan lain yang digunakan jamur *A. niger* dan *T. reesei*, bakteri *Z. mobilis*, larutan nutrisi, larutan tween 80%, larutan *Dinitrosalicylic acid* (DNS), garam *rochele* 40%.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan percobaan RAL dengan 3 kali ulangan dalam 8 perlakuan untuk mengetahui pengaruh rasio *crude* enzim *A. niger* dan *T. reesei* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit buah nangka menggunakan *Z. mobilis*. Isolat di peroleh dari Laboratorium Biologi Universitas Ahmad Dahlan.

Proses Pretreatment

Kulit buah nangka dibersihkan terlebih dahulu dan dikeringkan, kemudian di blender sampai halus. *Pretreatment* dilakukan dengan

merendam 250 g serbuk kulit buah nangka menggunakan 800 mL NaOH 70% dan dimasak sampai mendidih. Selanjutnya dicuci menggunakan aquades sampai pH 7 (Oktavia *et al.*, 2014).

Produksi Crude Enzim

Crude enzim diproduksi dari jamur *A. niger* dan *T. reesei*. Media penanaman jamur untuk produksi enzim selulosa terdiri dari 10 g bubuk kulit buah nangka yang dimasukkan dalam *erlemeyer* 500 mL dan ditambah larutan nutrisi sebanyak 50 mL yang terbuat dari urea (3 g/L), (NH₄)₂ SO₄ (10 g/L), KH₂PO₄ (3 g/L), MgSO₄.7H₂O (0,5 g/L). CaCl₂.H₂O (0,5 g/L). Media ini berbentuk padat, kemudian disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Media yang telah disterilkan didinginkan terlebih dahulu, kemudian masing-masing 2 tabung reaksi biakan *A. niger* dan *T. reesei* disuspensikan dalam masing-masing *erlemeyer* yang berisi serbuk kulit buah nangka dan larutan nutrisi. Selanjutnya diinkubasi secara anaerob selama 8 hari untuk *A. niger* dan 6 hari untuk *T. reesei* pada inkubator dengan suhu 37°C.

Crude Enzim dipanen dengan menambahkan 150 mL larutan tween 80%, kemudian dimagnetik stirer selama 30 menit. Endapan dan cairan hasil fermentasi dipisahkan dengan sentrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Dari hasil pemanenan diperoleh enzim selulase yang akan digunakan pada tahap hidrolisis enzimatis (Widyaningrum dan Parahadi, 2020a).

Hidrolisis Enzimatis

Bubuk kulit buah nangka sebanyak 250 g dimasak dengan 2,5 L aquades kemudian di ambil ekstraknya. Ekstrak kulit buah nangka sebanyak 100 mL masukkan di dalam botol dan disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah dingin ditambahkan *crude* enzim dari *A. niger* dan *T. reesei* sebanyak 10 mL dengan variasi K (0:0), P1 (1:0), P2 (0:1), P3 (1:1), P4 (1:2), P5 (2:1), P6 (3:1) dan P7 (1:3) dengan tiga kali ulangan (24 botol). Botol ditutup menggunakan kapas steril, dilapisi aluminium foil dan diikat kemudian

diinkubasi selama 1x24 jam dengan mengatur suhu ruangan dengan suhu 37°C. Hasil hidrolisis diukur menggunakan metode DNS (*Dinitrosalicylic acid*) untuk mengetahui kadar gula (Widyaningrum dan Parahadi, 2020b).

Pengukuran Kadar Gula

Analisa kadar gula dilakukan dengan metode DNS (*Dinitrosalicylic Acid*). Sampel yang diperoleh dari hidrolisis enzimatis dipipet hingga 0,5 mL kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 1,5 mL larutan DNS, kemudian tabung reaksi di *waterbath* dengan suhu 90°C selama 15 menit bertujuan agar terjadinya reaksi antara glukosa dalam sampel dengan DNS. Tabung didinginkan hingga mencapai suhu kamar, setelah didinginkan ditambahkan 500 mL garam *rochele* dan di *vorteks*. Kemudian diukur dengan *spektrofotometer* UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Data yang diperoleh dari masing-masing variabel diubah menjadi tabel dan grafik sehingga diketahui kondisi optimal dari masing-masing variabel. Perlakuan terbaik akan menghasilkan kadar gula tertinggi (Kodri *et al.*, 2013).

Fermentasi

Fermentasi substrat menggunakan *Z. mobilis* dengan menginokulasikan kultur ke dalam hasil hidrolisis (24 botol), masing-masing botol ditambahkan bakteri *Z. mobilis* sebanyak 10 mL kemudian difermentasi selama 4 hari dengan suhu ruang 30°C untuk produksi bioetanol (Kodri, Argo, dan Yulianingsih, 2013).

Pengukuran Bioetanol

Hasil fermentasi menggunakan *Z. mobilis* selanjutnya didestilat. Hasil destilat diukur menggunakan alkohol meter kemudian dihitung menggunakan rumus:

Kadar bioetanol = $\frac{\text{Volume destilat}}{\text{Volume awal sampel}}$ x hasil pengukuran dengan alkohol meter (Kodri *et al.*, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit buah nangka dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar

alternatif khususnya bioetanol, karena mengandung karbohidrat yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Syam'un (2015), kulit buah nangka mengandung karbohidrat yang tinggi meliputi selulosa sebesar 38,69 %, glukosa, fruktosa, sukrosa, dan pati sebesar 15,87%, serta protein 1,30%. Pada proses fermentasi, bahan baku yang digunakan adalah glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis, yang kemudian diubah menjadi bioetanol menggunakan bakteri *Z. mobilis*. Untuk memperoleh kadar gula yang tinggi diperlukan proses hidrolisis, salah satunya dengan hidrolisis enzimatis dengan bantuan jamur *A. niger* dan *T. reesei*. Berikut beberapa hasil data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan.

Hasil Uji Gula Reduksi Kulit Buah Nangka Setelah Perlakuan Penambahan *Crude Enzim*

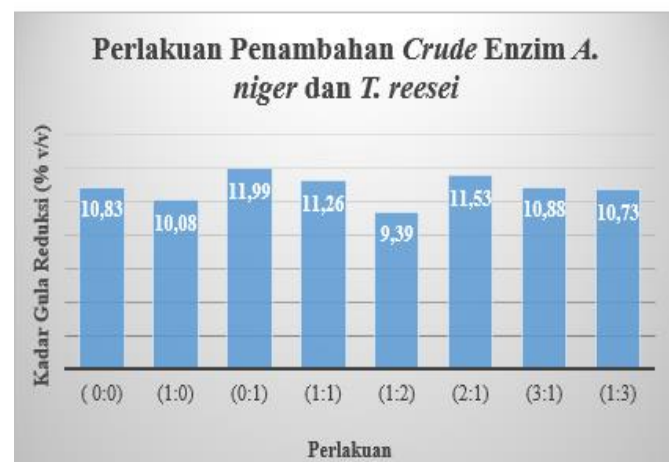
Enzim selulase adalah enzim yang dibuat oleh mikroorganisme selulosa di luar sel. Interaksi antara substrat selulosa dan enzim selulase mengarah pada pembentukan kompleks enzim substrat dan produk akhirnya adalah glukosa (Pujiarti, Bektu & Wiwin, 2014).

Enzim selulase diproduksi dari proses fermentasi serbuk kulit buah nangka dan ditambahkan jamur *A. niger* dan *T. reesei*. Pada proses Hidrolisis diberikan tambahan larutan nutrisi, karena pertumbuhan jamur dalam media dapat dipengaruhi oleh nutrisi di luar substrat dan nutrisi dari substrat. Urea, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ digunakan sebagai larutan nutrisi (Pujiarti *et al.*, 2014).

Jamur *A. niger* dan *T. reesei* tidak larut dalam air, sehingga untuk pemanenan enzim selulase dilakukan ekstraksi menggunakan 150 mL larutan Tween 80% yang bertindak sebagai surfaktan non-ionik yang dapat mengurangi tegangan antara air dan jamur. (Safaria *et al.*, 2013).

Kadar gula pada penelitian ini diukur menggunakan metode DNS dan alat ukur yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 540 nm. Data hasil yang diperoleh untuk setiap varian disajikan dalam bentuk tabel sehingga dapat diketahui tingkat optimal dari setiap varian. Perlakuan terbaik dipilih berdasarkan

perlakuan yang menghasilkan kadar gula tertinggi sebesar 11,53 % v/v.



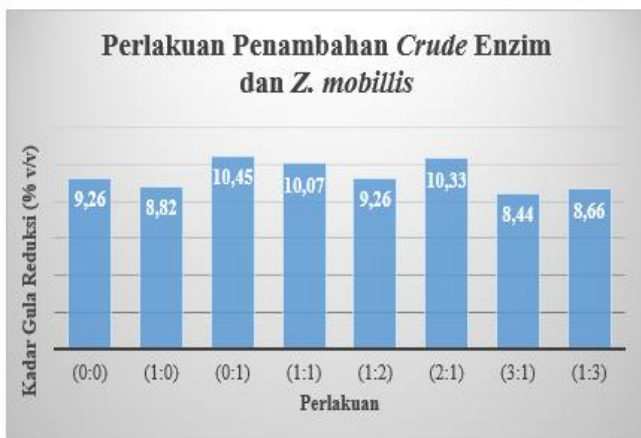
Gambar 1. Hasil Uji Gula Reduksi Kulit Buah Nangka Setelah Perlakuan Penambahan *Crude Enzim A. niger : T. reesei*

Hasil pengukuran kadar gula reduksi setelah perlakuan penambahan enzim selulase dari *crude enzim A. niger* dan *T. reesei* (Gambar 1) menunjukkan adanya peningkatan kadar gula dengan rerata kadar gula reduksi tertinggi sebesar 11,99 % v/v pada perlakuan P2 dengan perbandingan *A. niger* : *T. reesei* (1:0) dan perlakuan terendah sebesar 9,40% v/v pada perlakuan P4 dengan perbandingan *A. niger* : *T. reesei* (1:2). Proses hidrolisis yang terjadi pada masing-masing perlakuan ini dipengaruhi oleh aktivitas enzim selulase dari setiap perbandingan jamur yang diberikan. Enzim selulase yang berasal dari kombinasi jamur *A. niger* dan *T. reesei* memiliki kemampuan untuk memutuskan ikatan pada struktur selulosa yang sangat besar untuk menghasilkan glukosa yang lebih tinggi (Ferdiansyah *et al.*, 2015). Hasil penelitian ini rasio *crude enzim A. niger* : *T. reesei* dengan rasio *A. niger* yang lebih tinggi dalam menghasilkan kadar gula tertinggi hal ini dikarenakan *A. niger* lebih optimal memecah selulosa. Menurut Widyaningrum dan Parahadi (2020) *A. niger* dapat mendegradasi selulose menjadi gula sederhana. Sedangkan menurut Kodri *et al.*, (2013) *Trichoderma reesei* mampu menghasilkan endo- β -1,4-glukanase

dan ekso-β-1,4-glukanase sampai dengan 80% tetapi β-glukosidasenya rendah, sedangkan *A. niger* mampu menghasilkan glukosidas lebih tinggi dibandingkan dengan endo-β-1,4-glukanase dan ekso-β-1,4- glukanase.

Hasil Uji Gula Reduksi Pada Fermentasi Kulit Buah Nangka terhadap Penambahan Crude Enzim dan Penambahan Bakteri *Zymomonas mobilis*

Z. mobilis merupakan bakteri yang dapat digunakan dalam proses fermentasi karena memiliki banyak keunggulan yaitu lebih toleran terhadap suhu, pH yang rendah, dan tahan terhadap konsentrasi etanol yang tinggi. *Zymomonas mobilis* juga dapat menghasilkan etanol dikarenakan dapat mendegradasi glukosa, fruktosa atau sukrosa sebagai sumber karbon melalui jalur metabolisme *Enter-Doudoroff* (Rahmadani *et al.*, 2017).



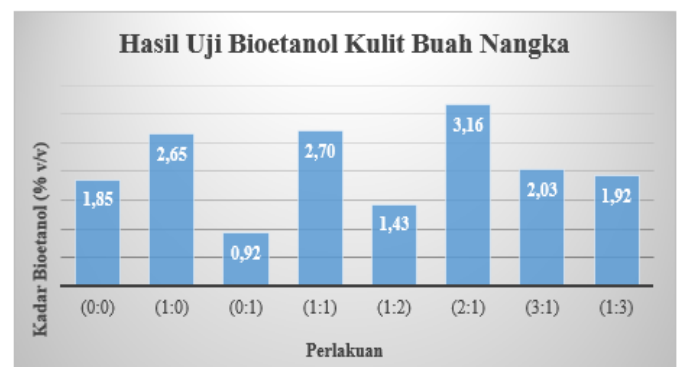
Gambar 2. Rerata Hasil Uji Gula Reduksi Terhadap Penambahan *Crude* Enzim dan Penambahan Bakteri *Zymomonas mobilis*

Penambahan *Z. mobilis* sebanyak 10 mL berpengaruh terhadap hasil akhir kadar gula reduksi setiap perlakuan. Kadar gula reduksi yang dihasilkan setelah perlakuan *Z. mobilis* pada (Gambar 2) kadar gula reduksi tertinggi 10,46 %v/v pada perlakuan P2 perbandingan *A. niger* : *T. reesei* (1:0), sedangkan reratan kadar gula terendah sebesar 8,44 %v/v pada perlakuan P6 dengan perbandingan *A. niger* : *T. reesei* (1:3). Kadar gula yang dihasilkan

sebelum dan sesudah fermentasi dengan *Z. mobilis* mengalami penurunan dari 11,99 %v/v menjadi 10,46 %v/v. Penurunan kadar gula reduksi setelah proses fermentasi ini disebabkan karena kandungan gula yang terdapat dalam medium fermentasi dimanfaatkan oleh *Z. mobilis* untuk pertumbuhan sel baru dan pembentuk etanol (Irvan *et al.*, 2016). Sedangkan menurut Rahmadani *et al.*, (2017), *Z. mobilis* mengkonsumsi gula untuk beraktivitas sehingga menghasilkan bioetanol sebagai metabolis pimer. Selain diubah menjadi bioetanol, gula juga digunakan sebagai makanan bagi bakteri untuk bertahan hidup dan berkembang biak (Rahmadani *et al.*, 2017).

Hasil Uji Bioetanol

Tahap akhir yang dilakukan dalam percobaan ini adalah proses destilasi untuk menghasilkan bioetanol dari proses fermentasi menggunakan *Z. mobilis*. Destilasi alkohol dilakukan dengan menggunakan alat destilator. *Filtrate* dari hasil fermentasi dimasukkan ke dalam labu destilasi kemudian dipanaskan pada suhu 80°C, uap yang dihasilkan akan naik melewati kondesor dan di kondesor ini uap didinginkan kemudian akan menghasilkan cairan putih bening yang tertampung dalam *erlemeyer*. Dimana kandungan air memiliki titik didih 100°C sehingga air akan tetap tertinggal di dalam labu destilasi dan etanol akan menguap dan masuk *erlemeyer* (Junaini *et al.*, 2019).



Gambar 3. Hasil Uji Bioetanol Kulit Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.)

Hasil kadar bioetanol tertinggi pada perbandingan rasio *crude* enzim *A. niger* : *T. reesei* (2:1) sebesar 3,16 %v/v dan kadar bioetanol terendah sebesar 0,92 %v/v pada perbandingan rasio *crude* enzim *A. niger* : *T. reesei* (1:0). Rata-rata etanol yang dihasilkan pada penelitian ini 2,12 %v/v yang dimana hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Rifa'i *et al.*, (2018) kadar etanol yang dihasilkan dari kulit buah nangka berkisar 2% dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. Pada penelitian Ulimaz (2021) etanol tertinggi yang dihasilkan dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* dan kadar garam 20% sebesar 2%. Sedangkan pada penelitian ini rerata kadar etanol 2-3 % dengan bantuan *Z. mobilis*, hal ini sesuai dengan pernyataan Fatimah *et al.*, (2017) menggunakan bakteri *Z. mobilis* lebih efektif menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi daripada menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari data yang di peroleh, hasil penelitian pengaruh rasio *crude* enzim *A. niger* dan *T. reesei* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit buah nangka (*Arthocharpus heterophyllus* Lamk.) menunjukkan bahwa rasio *crude* enzim *A. niger* dan *T. reesei* berpengaruh terhadap kenaikan kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit buah nangka menggunakan *Z. mobilis*. Kadar gula tertinggi diperoleh pada P2 dengan rasio *crude* enzim *A. niger* : *T. reesei* (1:0) sebesar 11,99 %v/v, sedangkan kadar etanol tertinggi pada P5 dengan rasio *crude* enzim *A. niger* : *T. reesei* (2:1) sebesar 3,16 %v/v.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya panjatkan puji syukur kehadiran Allah SAW yang telah memberikan kemampuan kepada penulis untuk meneliti dan menulis. Kepada ibunda Triantik widyaningrum yang telah memberikan masukan dan bimbingan kepada penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Serta *support system* orangtua dan

sahabat saya yang selalu mendoakan keberhasilan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fatimah, Ginting, D., dan Sirait, V. (2017). Kinerja Mikroba *Z. mobilis* Dan *Saccharomyces cerevisiae* Untuk Menguraikan Hidrolisat Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol Dengan Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Rasio Penambahan Mikroba. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(2), 1–6.
- Ferdiansyah, H., Sumarlan, S. H., dan Argo, D. B. (2015). Hidrolisis Enzimatik Menggunakan Enzim Selulase dari *Trichoderma reesei* dan *A. niger* pada Produksi Bioetanol Jerami Padi. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(2), 211–216.
- Irvan, Putri, A. W., Surbakti, S. U., dan Trisakti, B. (2016). Pengaruh Konsentrasi Ragi Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak (*Artocarpus champeden spreng*). *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 5(2), 21–26.
- Junaini, Elvinawati, dan Sumpono. (2019). Pengaruh Kadar *A. niger* Terhadap Produksi Bioetanol Dari Bonggol Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L). *Alotrop*, 3(2), 176–184.
- Kodri, Argo, B. D., dan Yulianingsih, R. (2013). Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *A. niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan *Pretreatment Microwave*. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1), 36–43.
- Oktavia, F. I., Argo, B. D., dan Lutfi, M. (2014). “ Hidrolisis Enzimatik Ampas Tebu (*Bagasse*) Memanfaatkan Enzim Selulase Dari Mikrofungi *T. reesei* Dan *A. niger* Sebagai Katalisator Dengan *Pretreatment Microwave*.” *Jurnal Keteknik Pertanian*

Tropis Dan Biosistem, 2(3), 256–262.

Pujiarti, R., Bekti, K., dan Wiwin, S. (2014). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Inkubasi Terhadap Aktivitas Enzim Selulase Dari Kapang *A. niger*. *Jurnal LPPM*, 2(1).

Rahmadani, S., Muria, S. R., dan Utami, S. P. (2017). Produksi Bioetanol Dari Mahkota Nanas Menggunakan Bakteri *Z. mobilis* Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum Dan Penambahan Nutrisi. *Fteknik*, 4(2), 1639–1642.

Retnoningtyas, E. S., Antaresti, dan Aylilianawati. (2013). Aplikasi *Crude* Enzim Selulase Dari Tongkol Jagung (*Zea Mays* L) Pada Produksi Etanol Dengan Metode Simultaneous Saccharification And Fermentation (SSF) Ery Susiany Retnoningtyas*) , Antaresti, dan Aylilianawati. *Teknik Kimia*, 14(4), 272–276.

Rifa'i, M., Mukti, B. H., dan Lagiono. (2018). Pengaru Perbedaan Media Air Terhadap Karakteristik Hasil Fermentasi Kulit Nangka. *Jurnal Pendidikan Hayati*, 4(2), 77–84.

Safaria, S., Idiawati, N., dan Zahara, T. A. (2013). Efektivitas Campuran Enzim Selulase Dari *A. niger* dan *T. reesei* Dalam Menhidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *JKK*, 2(1), 46–51.

Syam'un. (2015). Pemanfaatan Limbah Kulit Nangka Sebagai Bahan Baku Alternatif Dalam Pembuatan Papan Partikel Untuk Mengurangi Penggunaan Kayu Dari Hutan Alam. *Universitas Hasanudin Makasar*.

Ulimaz, A. (2021). Kandungan Etanol Kulit Nangka (*Arthocharpus Heterophyllus* Lamk). *Nusantara Hasana Journal*, 1(4), 1–6.

Widyaningrum, T., dan Parahadi, M. (2020a). Bioethanol Levels of Dragon Fruit

(*Hylocereus polyrhizus*) Peel with the Addition of Blend *Crude* Cellulase Enzyme from *T. reesei* and *A. niger*. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 5(1), 1–5.

Widyaningrum, T., dan Parahadi, M. (2020b). Kadar Bioetanol Kulit Mangga (*Mangifera indica*) dengan Perlakuan Enzim Selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. *Life Science Journal Of Biologi UNNES*, 9(2), 194–203.