

Optimasi Dosis Enzim Glukoamilase dan Waktu Fermentasi dalam Produksi Bioetanol dari Air Cucian Beras

Optimization of Glucoamylase Enzyme Dosage and Fermentation Time in Bioethanol Production from Rice Washing Drainage

Rinette Visca^{1*}, Mubarakah Nuriani Dewi¹, Marungkil Sinaga¹, Siti Nurcahyati¹

¹Universitas Jayabaya, Jalan Raya Bogor Km. 28 Cimanggis, Jakarta Timur 13710, Indonesia

*Email korespondensi : rinettevisca@jayabaya.ac.id

ABSTRAK

Saat ini 85% dari kebutuhan energi dunia berasal dari bahan bakar minyak. Indonesia berupaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat mensubsitisi transportasi minyak mentah diperoleh dari biomassa berupa bahan bakar bioetanol. Biomassa termasuk beras dimanfaatkan untuk pengembangan bioetanol menggantikan bahan bakar minyak. Karbohidrat merupakan komponen utama beras yang terdiri dari 85–90% pati. Air cucian beras yang mengandung karbohidrat dapat diubah menjadi etanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu fermentasi terbaik dalam produksi bioetanol dari air cucian beras dengan menggunakan enzim glukoamilase dan ragi. Pembuatan bioetanol melalui tahap persiapan, hidrolisa air cucian beras, pemeriksaan kadar glukosa, fermentasi, distilasi dan analisa hasil. Variabel yang digunakan adalah waktu fermentasi (3, 4, 5, 6, dan 7 hari), dan volume enzim glukoamilase (0.5, 1.5, dan 3.0 ml). Hasil penelitian diperoleh densitas bioetanol optimum sebesar 0.998 g.ml⁻¹ dengan enzim glukoamilase 0.5 ml. Kadar glukosa sesudah inversi tertinggi sebesar 4.217%, dan kadar etanol tertinggi 19.387% dihasilkan dengan dosis enzim glukoamilase 3.0 ml dalam waktu fermentasi selama lima hari.

Kata kunci: air cucian beras, bioetanol, enzim glukoamilase, fermentasi, ragi

ABSTRACT

Currently, 85% of the world's energy needs come from fuel oil. Indonesia overcomes dependence on fuel oil. One of the alternative energy sources that can substitute crude oil transportation is obtained from biomass in the form of bioethanol fuel. Biomass, including rice, is used for the development of bioethanol to replace fuel oil. Carbohydrates are the main component of rice which consists of 85–90% starch. Rice washing water which contains carbohydrates can be converted into ethanol. This study's aim was to have the best fermentation time in bioethanol production from rice washing water using glucoamylase enzymes and yeast. Bioethanol production goes through the preparation stage, hydrolysis of rice washing water, checking glucose levels, fermentation, distillation, and yield analysis. The variables were fermentation time (3, 4, 5, 6, and 7 days), and the volume of the glucoamylase enzyme (0.5, 1.5, and 3.0 ml). The results showed that the optimum bioethanol density was 0.998 g.ml⁻¹ with 0.5 ml glucoamylase enzyme. The highest glucose level after inversion was 4.217%, and the highest ethanol content was 19.387%, which was produced with 3.0 ml glucoamylase enzyme dosage in five days of fermentation.

Keywords: rice washing water, bioethanol, glucoamylase enzyme, fermentation, yeast

PENDAHULUAN

Konsumsi energi semakin meningkat dalam beberapa dekade terakhir

sebagaimana pertumbuhan populasi dunia bertambah (Balat, 2008). Pengembangan energi baru dan terbarukan di Indonesia merupakan program strategis pemerintah

Indonesia dalam mengurangi ketergantungan bahan bakar minyak. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat mensubsitusi transportasi minyak mentah diperoleh dari biomassa berupa bahan bakar bioetanol atau biofuel (Nguyen, 2008).

Bahan bakar nonfosil berbasis bahan baku biomassa dan hasil samping serta limbah industri pangan merupakan sumber karbon untuk energi mikroba yang mampu memproduksi bioetanol sebagai alternatif sumber energi terbarukan. Bahan bakar nonfosil diproduksi dengan teknologi fermentasi berbasis substrat dari limbah yang mengandung senyawa kimia organik sangat menarik untuk dilaksanakan pada skala komersial (Kiran, 2014).

Indonesia sebagai negara tropis yang kaya akan keanekaragaman hayati, tanaman pertanian dan perkebunan membuka peluang besar untuk pengembangan bioetanol (Arlianti, 2018). Berbagai jenis beras, umbi-umbian, dan buah-buahan menjadi sumber bahan baku, bahkan limbahnya dimanfaatkan untuk pengembangan bioetanol menggantikan minyak mentah (Osazuwa, 2019).

Beras sebagai sumber bahan makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia. Karbohidrat merupakan komponen utama beras yang terdiri dari 85-90% pati. Selulosa, hemiselulosa, dan pentosan sebagai komponen karbohidrat pada beras. Pati beras merupakan pati yang diperoleh dari biji *Oryza sativa*. Pati beras memiliki serbuk yang berwarna putih dan bertekstur halus. Pati beras tidak larut dalam air dingin dan etanol. Bila diamati dengan mikroskopik tampak butir bersegi banyak ukuran 2 μm - 5 μm , tunggal atau majemuk dan berbentuk bulat telur ukuran 10 μm - 20 μm . Dengan demikian sifat fisikokimia beras ditentukan oleh sifat fisikokimia patinya (Istianah, 2017).

Pencucian beras menyebabkan sebagian kandungan biji beras melarut ke dalam air tersebut. Air cucian beras merupakan hasil air yang diperoleh dari proses pencucian beras sebelum dimasak menjadi nasi. Pemanfaatan air cucian beras belum optimal, misalnya untuk menyiram tumbuhan atau dibuang. Adapun

komposisi air cucian beras terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi air cucian beras

Komposisi	Persentase (%)
Karbohidrat	30
Protein	7
Zinc	11
Kalsium	10
Fosfor	17
Besi	8
Kalium	2
Thiamine	9
Riboflavin	6

Sumber : Eni *et al.*, 2015

Air cucian beras yang mengandung karbohidrat dapat diubah menjadi etanol. Air cucian beras dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan HCl 1N, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) dan distilasi (Chethana, 2011). Air, karbon, nitrogen, mineral, diperlukan mikroba untuk tumbuh dan berkembang biak dalam media fermentasi pada skala laboratorium, maka penyediaan dan pembuatan media sangat mudah, namun pada industri skala besar akan sulit.

Fermentasi merupakan reaksi biokatalis yang digunakan untuk mengkonversi bahan baku substrat oleh enzim dari mikroba menjadi produk baru. Mikroba terdiri atas bakteri, ragi dan jamur. digunakan untuk memfermentasi monosakarida yang dilepaskan selama degradasi pati. Ragi merupakan organisme eukariotik dan dapat memfermentasi pati (sakarifikasi) menjadi bioetanol dan karbon dioksida. Glukosa difermentasi menjadi produk bahan bakar nonfosil seperti etanol, aseton-butanol dan biogas.

Bioetanol merupakan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati (Puttaswamy *et al.*, 2016). Etanol merupakan cairan tak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, dan tidak karsinogenik. Produksi bioetanol melibatkan dua langkah, pertama hidrolisis pati dalam kondisi aerobik dan fermentasi oleh ragi dalam kondisi anaerob. Hidrolisis pati dapat dicapai dengan hidrolisis

enzimatik. Hidrolisis enzimatis merupakan proses degradasi polimer menjadi monomer gula penyusunnya dengan bantuan enzim.

Enzim merupakan protein yang berasal dari sel hidup dan berguna untuk mengkatalisis reaksi. Penelitian Hakim (2015) dinyatakan perlakuan enzim dengan varian yaitu (a) 2 ml α -amilase dan 2 ml glukamilase sebagai kontrol, (b) 2 ml α -amilase dan 2 ml glukamilase, (c) 4 ml α -amilase dan 4 ml glukamilase, (d) 6 ml α -amilase dan 6 ml glukamilase.

Beberapa penelitian terkait dengan pemanfaatan air cucian beras diantaranya dilakukan oleh Watanabe (2009) yang memperoleh kadar etanol 6.2% dengan menggunakan proses enzim dan ultrasonik dalam produksi bioetanol dari air cucian beras dan sekam padi. Perlakuan penambahan HCl juga mampu meningkatkan kadar etanol (Sari, 2013).

Hasil penelitian yang dilakukan Eni (2015) yaitu waktu hidrolisa yang lama dan penambahan enzim glukamilase sebagai katalis dalam proses hidrolisa air cucian beras dapat meningkatkan kadar glukosa yaitu pada 3 ml penambahan enzim glukamilase dan 6 jam hidrolisa menghasilkan kadar glukosa 93.02 mg.L⁻¹. Waktu optimum fermentasi cucian air beras adalah 4 hari yang menghasilkan kadar etanol 11.17%. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan Chethana (2011), dinyatakan dengan penambahan *Bacillus licheniformis*, HCl dan enzim dalam proses sakarifikasi menghasilkan bioetanol 68.8 mg.L⁻¹ setelah melalui proses distilasi. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui waktu fermentasi yang terbaik dalam produksi bioetanol dari air cucian beras dengan variabel volume enzim glukamilase dan kadar bioetanol.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya beras putih, asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), kalium iodida (KI), natrium hidroksida (NaOH), *Saccharomyces cerevisiae* (ragi), natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), kalium permanganat (KMnO₄) erlenmeyer, labu

leher tiga, saringan, gelas ukur, *stirrer*, *hot plate* dan perangkat distilasi.

Enzim yang digunakan dalam penelitian ini adalah enzim glukamilase dengan merek dagang *Dextrozyme GA*. Aktivitas glukamilase didasarkan pada hidrolisis maltosa dan dinyatakan dalam *Amyloglucosidase Units.g⁻¹* (AGU.g⁻¹) yang tertera pada data bahan (product data sheet). Data spesifikasi bahan dari Novozymes (2005) menyebutkan *Dextrozymes GA* mengandung *Aspergillus niger* dengan aktivitas 270 AGU.g⁻¹ dan densitas 1.17 g.ml⁻¹. Produk ini sesuai dengan spesifikasi kemurnian yang direkomendasikan untuk enzim kategori makanan (food grade) yang diberikan oleh *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)* dan *Food Chemical Codex (FCC)*.

Pada tahap pembuatan bioetanol dari biomassa diperlukan beberapa proses yaitu tahap persiapan, tahap hidrolisis air cucian beras, tahap pemeriksaan kadar glukosa, tahap fermentasi, tahap distilasi dan tahap analisa. Variasi penelitian dilakukan terhadap waktu fermentasi (3, 4, 5, 6, dan 7 hari) dan variasi volume enzim glukamilase aktivitas 270 AGU.g⁻¹ dari *Novozymes* (0.5, 1.5, 3.0 ml).

Tahap persiapan dilakukan dengan perendaman beras dengan air dengan perbandingan 1:1 v/v (3000 gram beras dalam 3000 ml air) selama 6 jam guna mendapatkan kadar pati yang lebih banyak. Lalu dilakukan penyaringan untuk memisahkan beras dengan air cucian beras.

Tahap hidrolisis air cucian beras dilakukan dengan penambahan HCl 1N dan enzim glukamilase. Air beras yang sudah disaring kemudian diukur kadar pH nya lalu ditambahkan HCl 1N sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga pH air beras asam. Air cucian beras yang sudah asam dimasukkan ke dalam tiga gelas ukur dengan volume masing masing 1000 ml, lalu ditambahkan enzim ke dalam masing masing air cucian beras dengan volume 300 ml dan variasi enzim 0.5 ml, 1.5 ml, 3.0 ml, selanjutnya diaduk hingga homogen (Eni et al., 2015).

Berikutnya dimasukkan kedalam labu leher tiga 1000 ml dan dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu tetap 60°C selama 6 jam.

Pengukuran kadar glukosa dengan cara mengambil 50 ml dan dianalisa dengan metode *luff schrool* (Masturi, 2017). Perhitungan prosentase kadar glukosa menggunakan menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$\text{Kadar glukosa (\%)} = \frac{\text{angka tabel} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{bobot sampel (mg)}} \times 100 \% \dots\dots(1)$$

Selanjutnya tahap fermentasi diawali dengan mendinginkan air beras yang sudah di hidrolisis. Air beras dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 200 ml (sampel air beras masing masing variasi enzim dimasukkan sebanyak 200 ml ke dalam 5 buah gelas Erlenmeyer). Lalu difermentasi secara anaerob dan dilakukan pengukuran setelah 3, 4, 5, 6, dan 7 hari.

Tahap distilasi dengan langkah sebagai berikut:

1. Peralatan distilasi dirangkai selanjutnya hasil fermentasi dimasukkan ke dalam labu leher tiga.
2. Ditambahkan 50 ml aquadest, aduk rata.
3. Larutan dipanaskan hingga suhu mencapai 80-85°C
4. Distilat ditampung dan diukur volumenya.

Menurut Hanum *et al.* (2013) prosedur analisa produk distilat sebagai berikut:

1. Penentuan Jumlah Bioetanol (ml)
 - Distilat (bioetanol) diukur dengan menggunakan gelas ukur.
 - Volume dicatat pada tiap perlakuan
2. Densitas Bioetanol (gr.ml⁻¹)
 - Piknometer diisi bioetanol lalu ditimbang massanya.
 - Selisih massa piknometer kosong dan berisi bioetanol merupakan massabioetanol.
 - Densitas bioetanol diperoleh dari hasil bagi massa bioetanol terhadap volumenya.
 - Penentuan kadar etanol dengan cara membandingkan massa jenis etanol hasil distilasi dengan densitas bioetanol absolut sebesar 0.789 g.ml⁻¹.

Penelitian yang dilakukan Khodijah (2015) dinyatakan bahwa adanya perbedaan waktu fermentasi pada pembuatan bioetanol mempengaruhi besar kecilnya nilai densitas yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka aktivitas mikroba mengalami pertumbuhan berkembang biak semakin banyak, sehingga semakin banyak pula karbohidrat yang terurai menjadi alkohol dan massa jenis campuran alkohol-air akan semakin rendah. Oleh karena itu dilakukan pula analisa pengaruh waktu fermentasi dan enzim glukamilase terhadap uji densitas bioetanol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Glukosa Pada Air Cucian Beras Setelah Hidrolisis

Berdasarkan pengamatan data pada tabel 2 kadar gula yang terkandung dalam air cucian beras masih sedikit, sehingga jika langsung difermentasi kemungkinan akan menghasilkan jumlah etanol yang sangat sedikit sekali atau bahkan tidak akan menghasilkan etanol. Kadar glukosa awal sebesar 1.145 %.

Tabel 2. Analisa air cucian beras sebelum dan setelah hidrolisa

Kode Sampel	pH	Berat Jenis	Kadar Glukosa Setelah Hidrolisa (%)
0.5 ml	6	1.007	2.058
1.5 ml	6	1.021	2.173
3.0 ml	6	1.013	4.217

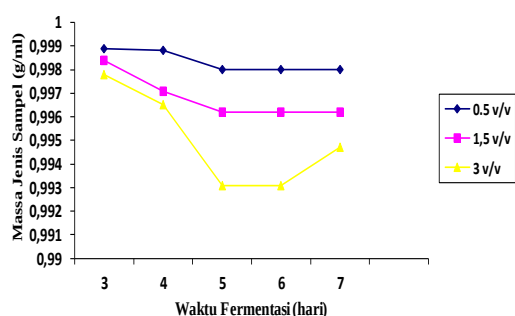
Air cucian beras memiliki kandungan pati atau karbohidrat yang cukup tinggi. Karbohidrat tersebut dapat dirombak menjadi glukosa melalui proses hidrolisis secara enzimatis dengan menggunakan enzim glukamilase pada suhu tetap 60°C. Suhu rendah mendekati titik beku tidak merusak enzim, namun enzim tidak dapat bekerja.

Pada tabel dapat diamati semakin besar dosis enzim glukamilase maka kadar glukosa setelah hidrolisis (sesudah inversi) mengalami peningkatan. sehingga akan menghasilkan peningkatan bioetanol

setelah fermentasi. Hasil kadar glukosa sesudah inversi tertinggi sebesar 4.217% diperoleh dengan penambahan enzim glukoamilase 3 ml. Penelitian yang dilakukan Istianah (2017) terhadap kadar glukosa setelah hidrolisis pada air cucian beras diperoleh konversi glukosa sebesar 21% dan yield etanol yang dihasilkan sebesar 42%.

Pengaruh Waktu Fermentasi dan Enzim Glukoamilasi Terhadap Uji Densitas Bioetanol

Berdasarkan data yang diperoleh, dibuat grafik hubungan waktu fermentasi dan enzim glukoamilase terhadap uji densitas yang disajikan pada Gambar 1. Massa jenis sampel akan semakin menurun seiring pertambahan waktu fermentasi. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu fermentasi maka mikroba berkembang biak semakin banyak, sehingga dengan semakin meningkatnya jumlah mikroba maka semakin banyak pula polimer karbohidrat yang terurai menjadi alkohol.



Gambar 1. Hubungan waktu fermentasi dan enzim glukoamilase terhadap uji massa jenis bioetanol

Semakin tinggi persentase enzim glukoamilase maka semakin rendah nilai densitas. Dengan meningkatnya jumlah alkohol maka massa jenis campuran alkohol-air akan semakin rendah. Hal ini disebabkan *Saccharomyces cerevisiae* merubah glukosa menjadi etanol, dimana jika ragi yang diberikan banyak maka etanol yang dihasilkan juga akan semakin banyak dan begitu juga sebaliknya, sehingga densitasnya akan semakin rendah. Dengan kata lain jika jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat pada ragi semakin menurun, makanan mikroba

semakin berkurang dan mikroba menuju fase kematian dan etanol yang dihasilkan akan semakin banyak.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh densitas bioetanol optimum sebesar 0.998 g.ml⁻¹ yang dihasilkan pada dosis enzim glukoamilase 0.5 ml. Sedangkan densitas terendah sebesar 0.993 g.ml⁻¹ yang dihasilkan dengan enzim glukoamilase 3.0 ml. Densitas bioetanol absolut sebesar 0.789 g.ml⁻¹ (Hanum *et al.*, 2013), sehingga nilai densitas 0.998 g.ml⁻¹ pada penelitian ini menunjukkan etanol yang dihasilkan masih belum murni karena masih bercampur dengan air.

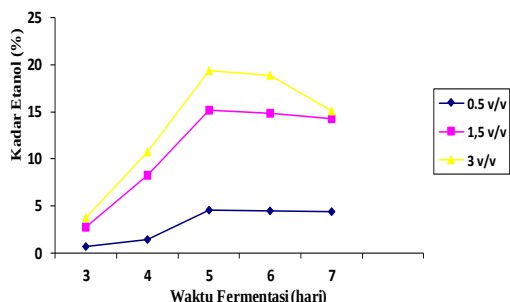
Penelitian yang dilakukan Khodijah *et al.* (2015) menyebutkan bahwa waktu fermentasi optimum selama 7 hari diperoleh densitas etanol 0.9438 g.ml⁻¹. Sedangkan jumlah bioetanol optimum yang diperoleh Hanum *et al.* (2013) sebesar 3.7 ml dengan densitas 0.9669 g.ml⁻¹ dalam waktu 2 hari dan pemberian jumlah ragi 6%. Adanya perbedaan waktu fermentasi dan volume enzim glukoamilase dalam produksi bioetanol mempengaruhi besar kecilnya nilai densitas yang dihasilkan.

Pengaruh Enzim Glukoamilasi dan Waktu Fermentasi Terhadap Uji Kadar Etanol

Berdasarkan grafik pada Gambar 2 dapat dianalisa bahwa kadar etanol paling tinggi (19.387%) dihasilkan pada volume enzim glukoamilase 3.0 ml dan waktu optimum fermentasi selama lima hari. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan yang dilakukan Hatami *et al.* (2020), diperoleh konsentrasi etanol maksimum 18.65%. Sementara konsentrasi etanol tertinggi dalam penelitian yang dilakukan Watanabe *et al.* (2009) sebesar 6.2% dengan bahan baku air cucian beras dan sekam padi.

Adapun peningkatan pertumbuhan bakteri semakin pesat pada saat fermentasi di hari keempat dan kelima, dan akan mengalami penurunan pada hari keenam. Hal ini disebabkan mikroba telah masuk ke fase pertumbuhan lambat. Pada fase ini pertumbuhan populasi jasad renik diperlambat karena zat nutrisi di dalam medium sudah sangat berkurang atau adanya hasil metabolisme yang mungkin

beracun atau dapat menghambat pertumbuhan jasad renik.



Gambar 2. Hasil pengamatan kadar etanol yang dihasilkan

Oleh karena massa jenis etanol lebih kecil dibandingkan air maka hubungan densitas dengan kadar etanol berbanding terbalik, semakin rendah nilai densitas etanol menunjukkan kadar etanol semakin tinggi. Konsentrasi enzim glukamilase akan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi etanol yang didapat pada proses fermentasi. Semakin besar volume enzim glukamilase yang digunakan pada saat proses hidrolisis, maka semakin banyak jumlah etanol yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan hidrolisa pati menjadi glukosa jika volume enzim glukamilase semakin tinggi.

Berdasarkan hasil analisa data diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil kadar glukosa sesudah inversi tertinggi sebesar 4.217% dengan penambahan enzim glukamilase 3 ml.
2. Densitas bioetanol optimum sebesar 0.998 g.ml⁻¹ dihasilkan pada dosis enzim glukamilase 0.5 ml.
3. Kadar etanol tertinggi 19.387% dihasilkan dengan dosis enzim glukamilase 3.0 ml dan waktu optimum fermentasi selama lima hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas bantuan Universitas Jayabaya yang telah berkontribusi sehingga penelitian ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlianti, L. (2018). Bioetanol sebagai sumber green energy alternatif yang potensial di Indonesia. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik UNISTEK*, 5(1), 16-22
<http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK/article/download/280/UNISTEK%20Januari%202018-4%20Lily%20Arlianti>
- Balat, M. (2011). Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review. *Journal Energy Conversion and Management*, 52(2), 858-875.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890410003791>
- Chethana, Pratap, B., Roy, S., Jaiswal, A., Shruthi, & Vadamurthy. (2011). Bioethanol production from rice water waste : a low cost motor fuel. *Journal Pharmacogonyonline*, 3(1), 125-134.
<https://pharmacogonyonline.silae.it/files/newsletter/2011/vol3/015.sonali.pdf>
- Eni, Sari, W., & Moeksin, R. (2015). Pembuatan bioetanol dari limbah cucian beras menggunakan metode hidrolisis enzimatik dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(1), 14-21.
<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/download/100/90>
- Hakim, M., Hastuti, E., & Parman, S. (2015). Pengaruh pemberian enzim amilase terhadap kadar bioetanol dari limbah sagu padat. *Jurnal Akademika Biologi*, 4(2), 17-24.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19407>
- Hanum, F., Pohan, N., Rambe, M., Primadony, R., & Ulyana, M. (2013). Pengaruh ragi dan waktu fermentasi terhadap bioetanol dari biji durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(4), 49-54.
<https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/view/5620>
- Hatami, M., Younesi, H., & Bahramifar, N. (2020). Fermentative production of ethanol from acid hydrolyzate of rice water waste using *saccharomyces cerevisiae*: experimental and kinetic studies. *Waste Biomass Valor Journal*, 11(8), 3465-3475.

- <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00697-8>
- Istianah, N. (2017). Evaporasi multi tahap menggunakan falling film evaporator (FFE) untuk meningkatkan efisensi produksi konsentrat nanas madu. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1922>
- Khodijah, S., & Abtokhi, A. (2015). Analisis pengaruh variasi persentase ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu pada proses fermentasi dalam pemanfaatan duckweed (*Lemna minor*) sebagai bioetanol. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 7(2), 71-76.
- Kiran, E., Trzcinski, A., & Liu, Y. (2014). Bioconversion of Food Waste To Energy: A Review. *Journal Fuel*, 134(1), 389-399. https://www.researchgate.net/publication/311664110_Bioconversion_of_food_waste_to_energy_a_review
- Masturi, Cristina, A., Istiana, N., Sunarno, & Dwijananti, P. (2017). Ethanol production from fermentation of arum manis mango seeds (*Mangifera Indica L.*) using *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(1), 56-60.
- Nguyen, T., Gheewala & Bonnet, S. (2008). Life cycle cost analysis of fuel ethanol produced from cassava In Thailand. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(1), 564-573.
- Novozymes (2005). *Product Data Sheet of Dextrozyme GA*. Novozymes. <https://www.bimber.info/files/dextrozyme-pds.pdf>
- Osazuwa, C., & Akinyosoye, F. (2019). Comparative studies on production of bioethanol from rice straw using *Bacillus subtilis* and *Trichoderma virideas* hydrolyzing agents. *Microbiology Research Journal International*, 28(3), 1-12. <https://doi.org/10.9734/mrji/2019/v28i330134>
- Puttaswamy, K., Sagar, Simha, Manjappa, & Kumar. (2016). Production of bioethanol from lignocellulosic biomass. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 31(1), 239-244. https://www.researchgate.net/publication/334989474_Production_of_Bioethanol_from_Lignocellulosic_Biomass
- Sari, C. (2013). *Pembuatan Bioethanol dari Air Cucian Beras (Air Leri)* [Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya]. <http://eprints.upnjatim.ac.id/5823/1/file1.pdf>
- Watanabe, M., Takahashi, M., Sasano, Kashiwamura, T., Ozaki, Y., Tsuiki, T., Hidaka, H., & Kanemoto S. (2009). Bioethanol production from rice washing drainage and rice bran. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 108(6), 524-526. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389172309002916>