



JURNAL BASICEDU

Volume 6 Nomor 4 Tahun 2022 Halaman 7510 - 7517

Research & Learning in Elementary Education

<https://jbasic.org/index.php/basicedu>



Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras Sebagai Substrat pada Respirasi Anaerob Menggunakan Alat Praktikum Sederhana di Rumah

Dita Amalia^{1✉}, Bambang Supriatno², Sri Anggraeni³

Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia^{1,2,3}

E-mail: ditaamaliao1@gmail.com

Abstrak

Kegiatan praktikum menjadi penting di sekolah karena dapat menunjang keterampilan berpikir siswa. Pembelajaran di sekolah yang dibatasi oleh keadaan seharusnya tidak menjadi hambatan siswa. Praktikum dapat dilakukan secara sederhana di rumah dengan menggunakan bahan dan alat sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum sederhana berbahan daur ulang pada materi respirasi anaerob yang bersifat kuantitatif untuk pembelajaran biologi. Penelitian ini dilakukan di rumah menggunakan metode penelitian RnD model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Hasil penelitian ini berupa alat praktikum sederhana dari bahan daur ulang yang mampu digunakan untuk mengamati bagaimana proses fermentasi alkohol berbahan dasar limbah air cucian beras dapat menghasilkan gas karbondioksida dan tekanan gas yang diukur secara kuantitatif. Pengembangan alat praktikum sederhana yang digunakan dapat bernilai efektif dan representatif dari alat praktikum sederhana sebelumnya karena dapat mengukur tekanan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi alkohol.

Kata Kunci: Air cucian beras, respirasi anaerob, alat praktikum sederhana.

Abstract

Practicum activities become important in school because it can support students' thinking skills. Learning in schools that are limited by circumstances should not be student obstacles. Practicum can be done simply at home using simple materials and tools. This study aims to develop a simple practical tool made from recycling on anaerobic respiration material that is quantitative for biology learning. This research was held at home using 4D model (*Define, Design, Develop, Disseminate*) research and development method. The results of this study are in the form of simple practicum tools from recycled materials that are able to be used to observe how the process of fermentation of alcohol made from rice water can produce carbon dioxide and gas pressure measured quantitatively. The development of simple practicum tools used can be more effective and representative because it measure the gas pressure produced from the alcohol fermentation process.

Keywords: Rice water; anaerobic respiration; home based learning.

Copyright (c) 2022 Dita Amalia, Bambang Supriatno, Sri Anggraeni

✉ Corresponding author :

Email : ditaamaliao1@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3542>

ISSN 2580-3735 (Media Cetak)

ISSN 2580-1147 (Media Online)

Jurnal Basicedu Vol 6 No 4 Tahun 2022
p-ISSN 2580-3735 e-ISSN 2580-1147

PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 yang terjadi selama 2 tahun membentuk suatu perubahan di segala bidang, termasuk bidang pendidikan. Aktivitas mengajar guru di sekolah memerlukan strategi yang kreatif agar pembelajaran tetap terlaksana. Pembelajaran sains yang utuh didapatkan oleh siswa dengan menerapkan empat hal yaitu konten atau produk, proses atau metode, sikap dan teknologi (Rustaman et al., 2005). Biologi termasuk dalam ilmu sains sehingga dalam memahaminya, siswa tidak hanya mempelajari produk saja, tetapi juga aspek proses, sikap, dan teknologinya (Suryanda et al., 2017). Keempat aspek tersebut dapat diajarkan melalui kegiatan praktikum atau eksperimen.

Pembelajaran biologi tidak dapat terpisahkan dari kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum termasuk kegiatan lapangan merupakan bagian penting dari pendidikan sains (Abrahams & Millar, 2008). Kegiatan praktikum menjadi penting karena dapat membangkitkan motivasi belajar siswa, mengembangkan keterampilan dasar dalam melakukan eksperimen, menjadi wahana belajar pendekatan ilmiah siswa dan dapat menunjang materi pelajaran (Rustaman et al., 2005). Menurut Supriatno (2013) aktivitas praktikum memiliki tujuan untuk menghubungkan fakta dengan konsep atau prinsip yang ditemukan selama kegiatan praktikum berlangsung. Melalui praktikum siswa akan mengkonstruksi pengetahuan baru hasil dari penemuan sehingga siswa memiliki pengalaman untuk memahami sebuah konsep. Sejalan dengan perkembangan kurikulum bahwa kurikulum yang berlaku saat ini telah secara jelas memberikan arahan untuk melakukan pengamatan dan pengukuran yang tepat dan teliti, mengolah, menghitung, menyajikan data secara sistematis dan menarik, menginterpretasi, menarik kesimpulan sesuai dengan bukti yang diperoleh. (Permendikbud Nomor 24, 2016).

Fakta menunjukkan bahwa dalam kegiatan praktikum biologi siswa jarang dihadapkan pada pengalaman kuantitatif dalam menghasilkan data pengamatan (Supriatno, 2018). Padahal untuk memperoleh suatu data menggunakan metode ilmiah sangat dianjurkan data tersebut dapat dipertanggungjawabkan, bersifat objektif dan kuantitatif. Pengalaman kuantitatif terbukti dapat menunjang keterampilan siswa yang dibutuhkan dalam abad 21. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kegiatan praktikum biologi dapat dibuat menjadi lebih kuantitatif sehingga bisa menunjang keterampilan siswa (Meisadewi et al., 2017; Nuraeni, 2016; Riyaldi, 2019).

Salah satu kegiatan praktikum biologi yang berpotensi untuk menunjang keterampilan siswa abad 21 pada materi respirasi anaerob. Praktikum ini dapat dikuantitatifkan pada beberapa kegiatan pengukuran yang mungkin dilakukan seperti mengukur temperatur, dan mengukur tekanan gas hasil respirasi. Sehingga kegiatan representasi data seperti menyajikan tabel dan grafik sangat memungkinkan untuk dilakukan. Praktikum respirasi anaerob yang umum dilakukan di sekolah adalah kegiatan percobaan fermentasi oleh ragi untuk membuktikan proses respirasi anaerob dan zat-zat yang dihasilkan dimana kegiatan tersebut masih bersifat verifikasi konsep saja belum mengarah pada kegiatan yang sifatnya pengukuran dan eksperimen (Riyaldi et al., 2021). Seringkali praktikum biasa dan eksperimen saling dipertukarkan (Rustaman et al., 2007). Namun, perubahan kegiatan pembelajaran yang dilakukan di sekolah selama pandemi COVID-19 menjadi terbatas. Guru memerlukan kreativitas untuk menciptakan suatu desain kegiatan praktikum dapat dilakukan di rumah. Praktikum yang dilakukan di rumah tetap bisa representatif dan bersifat kuantitatif dengan menggunakan alat dan bahan sederhana.

Berdasarkan uraian di atas, untuk menunjang kegiatan praktikum yang kuantitatif dan dapat dilakukan di rumah dengan menggunakan alat dan bahan yang sederhana khususnya pada materi respirasi anaerob maka diperlukan suatu desain rancangan alat praktikum sederhana untuk respirasi anaerob yang bukan hanya bersifat verifikasi konsep melainkan eksperimen untuk menghasilkan data yang lebih kuantitatif.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) (Tiagarajan et al., 1976). Tahapan dalam penelitian ini meliputi pendefinisian (*Define*), desain (*Design*), dan pengembangan (*Develop*).

1. Pendefinisian (*Define*)

Pada tahap pendefinisian dilakukan analisis literatur dari modul praktikum yang dilakukan oleh sekolah di Jakarta selama masa pandemi COVID-19. Alat yang digunakan sangat sederhana namun tidak merepresentasikan hasil data dan proses respirasi anaerob yang terjadi. Materi respirasi anaerob terdapat di kurikulum 2013 pada Kompetensi Dasar 3.2 Menjelaskan proses metabolisme sebagai reaksi enzimatik dalam makhluk hidup dan 4.2 Menyusun laporan hasil percobaan tentang mekanisme respirasi anaerob.

2. Desain (*Design*)

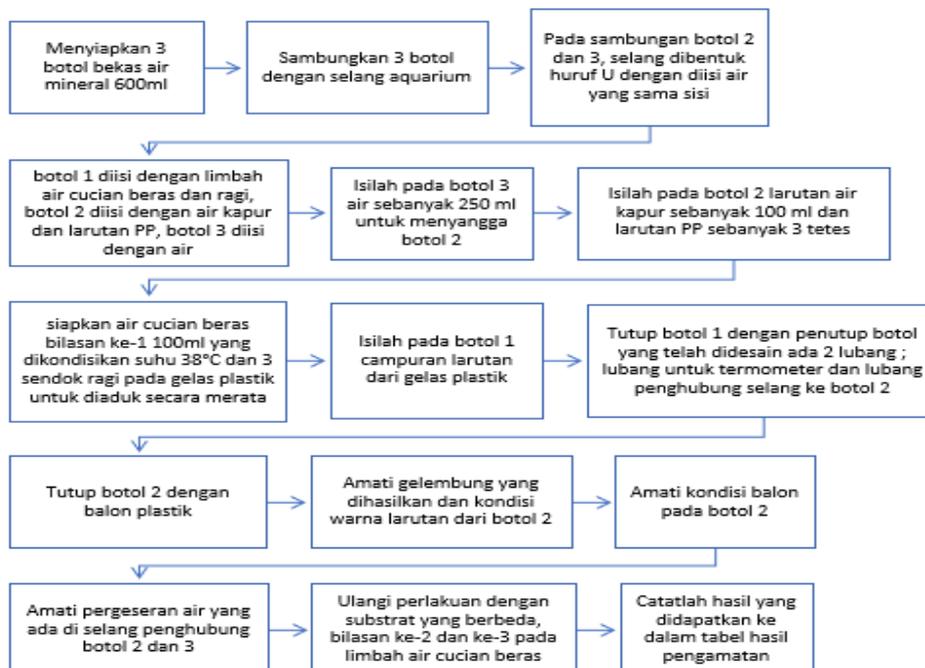
Pada tahap desain, dihasilkan rancangan alat praktikum sederhana yang dapat merepresentasikan data dan bersifat lebih kuantitatif dapat diukur. Rancangan alat praktikum sederhana berbahan dasar dapat didaur ulang sebagai berikut.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan adalah 3 botol plastik bekas air mineral dengan ukuran 600 ml sebanyak, 2 selang aquarium yang berukuran 50 cm, plastisin secukupnya, termometer untuk mengukur suhu dan balon karet. Sedangkan bahan yang dibutuhkan adalah limbah air cucian beras, ragi, larutan kapur, larutan PP (*phenolphthalein*), dan air secukupnya.

3. Pengembangan (*Develop*)

Pada tahap pengembangan dilakukan pembuatan alat praktikum sederhana untuk fermentasi alkohol dari bahan daur ulang dengan urutan merangkai alat dapat dilihat urutan langkahnya pada gambar 1.

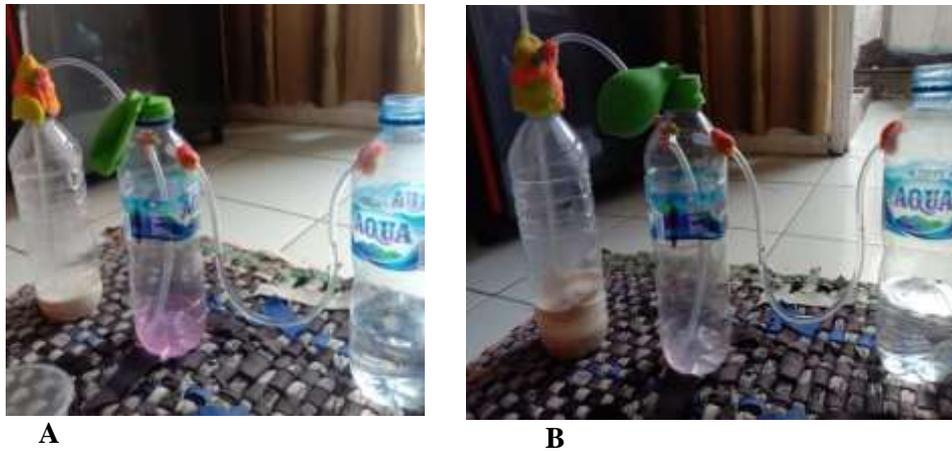


Gambar 1. Perangkaian alat praktikum sederhana sederhana pada respirasi anaerob

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengamati proses respirasi anaerob menggunakan alat praktikum sederhana selama 30 menit yang telah dikembangkan. Kemudian mengukur pergerakan air pada selang

membentuk huruf U, dan besarnya balon yang dihasilkan dari tekanan gas pada praktikum respirasi anaerob dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. A) sebelum terjadinya proses respirasi, B) sesudah diamati terdapat perbedaan

Pergeseran air berada di selang berbentuk huruf U menandakan adanya tekanan yang dihasilkan dari gas CO_2 yang dapat diukur. Pergeseran air ditandai dari titik semula ke titik akhir kemudian diukur menggunakan penggaris (cm). Hasil yang didapatkan dari pengukuran selang dimasukkan kedalam persamaan : $P_{gas} = P_o + h$. Nilai P_o adalah 76 cmHg. Secara kualitatif dilihat dari besarnya balon yang dihasilkan sedangkan pada kuantitatif dilihat dari pergeseran air di dalam selang berbentuk huruf U sebagai ukuran tekanan gas CO_2 yang dihasilkan dari reaksi tersebut.

Pada percobaan ini, peneliti menggunakan limbah air cucian beras sebagai substrat atau alternatif gula. Hal ini bertujuan untuk membuat alkohol jika direaksikan dengan ragi. Aktivitas yang terjadi dengan air cucian beras dan ragi akan menghasilkan alkohol dan CO_2 . Pembuktian gas yang dihasilkan adalah CO_2 maka digunakan air kapur dan larutan PP. CO_2 yang berhasil berikatan dengan air kapur akan membentuk endapan kapur dan mengubah larutan PP semula berwarna ungu menjadi tak berwarna. Akumulasi gas yang dihasilkan membuat ukuran balon semakin besar dan tekanan gas dapat diukur dengan melihat pergeseran air di selang berbentuk U menjadi penghubung antara botol 2 dan 3.

Berdasarkan penelitian pengaruh limbah air cucian beras sebagai substrat pada respirasi anaerob dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil percobaan pengaruh limbah air cucian beras pada respirasi anaerob

No.	Indikator	Hasil Pengamatan					
		Percobaan I (bilasan pertama)		Percobaan II (bilasan kedua)		Percobaan III (bilasan ketiga)	
		Awal	30 menit	Awal	30 menit	Awal	30 menit
1.	Suhu	38°C	43°C	38°C	43°C	38°C	41°C
2.	Gelembung	-	++++	-	+++	-	++
3.	Tekanan balon	-	78 cmHg	-	77 cmHg	-	76,5 cmHg
4.	Warna	Ungu	Tak berwarna	Ungu	Merah muda	Ungu	Merah muda

Keterangan Gelembung:

- : Tidak ada gelembung

+ : Gelembung sangat sedikit

++ : Gelembung sedikit

+++ : Gelembung banyak

++++ : Gelembung sangat banyak

Berdasarkan tabel 1 didapatkan adanya perubahan dan perbedaan yang dihasilkan dari setiap kondisi substrat. Pada bilasan ke-1 hasil yang didapatkan memperoleh hasil yang lebih besar dengan didapatkan tekanan balin 78 cmHg. Pada waktu 30 menit, warna dari larutan kapur dan larutan PP (*phenolphthalein*) lebih cepat berubah pada kondisi bilasan ke-1 air cucian beras semula larutan berwarna ungu menjadi tak berwarna yang menunjukkan pH bersifat asam. Pada bilasan ke-2 tekanan yang dihasilkan menjadi 77 cmHg setelah 30 menit dengan warna larutan PP berubah menjadi merah muda ini menunjukkan kondisi masih sedikit basa. Sedangkan pada bilasan ke-3 tekanan yang dihasilkan mencapai 76,5 cmHg dengan warna yang merah mudah setelah 30 menit yang menunjukkan pH masih bersifat basa.

Respirasi anaerob pada pembelajaran biologi dibahas di dalam KD 3.2 Menjelaskan proses metabolisme sebagai reaksi enzimatik dalam makhluk hidup dan 4.2 Menyusun laporan hasil percobaan tentang mekanisme respirasi anaerob. Kegiatan praktikum respirasi anaerob diterapkan dengan harapan siswa dapat mencapai kompetensi dasar yang menjadi tujuan pembelajaran dalam kurikulum 2013. Pengamatan respirasi anaerob menggunakan alat praktikum sederhana berbahan dasar daur ulang ini perlu dikembangkan untuk menghasilkan data yang bersifat kuantitatif atau dapat dilakukan pengukuran.

Respirasi anaerob disebut juga fermentasi berarti respirasi dengan kadar oksigen yang kurang atau tidak dan dihasilkan senyawa selain karbondioksida seperti alkohol, asetaldehid atau asam asetat dengan sedikit energi (Sholikah et al., 2018). Pada percobaan respirasi anaerob melibatkan ragi dan gula. Aktivitas yang terjadi diantara keduanya menimbulkan adanya gas CO_2 dan alkohol. Fermentasi berasal dari kata latin “*fervere*” berarti mendidih yang menunjukkan adanya aktivitas dari yeast (Fatimah et al., 2013). Khamir mampu memfermentasi glukosa, fruktosa dan maltosa menjadi bioetanol namun masing-masing spesies mempunyai kecepatan yang berbeda di dalam menggunakan jenis gula yang ada (Stanbury & Whitaker, 1984).

Pemilihan substrat beras sebagai pengganti gula menjadi suatu alternatif. Beras menempati urutan pertama dalam konsumsi pangan sehari-hari bagi sebagian besar penduduk Indonesia, maka bangsa Indonesia sangat potensial untuk dapat memanfaatkan beras, terutama limbahnya yang berupa air cucian beras yang jumlahnya sangat melimpah, mudah didapat serta masih mengandung zat yang bermanfaat bagi manusia dan limbah ini belum banyak dimanfaatkan (Oktavia et al., 2013). Komponen yang terkandung dalam air cucian beras berupa karbohidrat, nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, sulfur, besi, dan vitamin B1 (Wulandari et al., 2017). Dari kandungan karbohidrat dalam air cucian beras, maka dapat dihidrolisa untuk menghasilkan glukosa. Glukosa kemudian difermentasi secara anaerob menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moeksin et al., (2015) bioetanol yang dihasilkan oleh air cucian beras mempunyai kadar sebesar 11,177%. Dalam waktu 4 hari fermentasi.

Menurut Kuswanto et al., (1989) reaksi fermentasi alkohol yang melibatkan ragi dan glukosa menjadi alkohol dapat dilihat pada reaksi persamaan berikut: $C_6H_{12}O_6$ (*gula*) \rightarrow $2C_2H_5OH$ (*etanol*) + $2CO_2$.

Penggunaan bilasan air cucian beras yang dibedakan mempengaruhi hasil tekanan gas. Hal ini dapat dilihat dari glukosa pada air bilasan yang semakin berkurang. Bilasan pertama memiliki komponen glukosa yang lebih banyak dari pada bilasan kedua dan ketiga. Konsentrasi substrat yang berbeda dapat mempengaruhi fermentasi. Fermentasi bioetanol dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain : (Desroir, 1988; Prescott, 1959).

a. Substrat

Pada umumnya bahan dasar yang mengandung senyawa organik terutama glukosa dan pati dapat digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi bioetanol.

b. Suhu

Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan aktivitasnya adalah 25-35°C. Suhu memegang peranan penting, karena secara langsung dapat mempengaruhi aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dan secara tidak langsung akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan.

c. Nutrisi

Selain sumber karbon, *Saccharomyces cerevisiae* juga memerlukan sumber nitrogen, vitamin dan mineral dalam pertumbuhannya. Pada umumnya sebagian besar *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan vitamin seperti biotin dan thiamin yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Beberapa mineral juga harus ada untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* seperti fosfat, kalium, sulfur, dan sejumlah kecil senyawa besi dan tembaga.

d. pH

pH pada proses fermentasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh dengan baik pada kondisi pH 4 – 6 (asam).

e. Konsentrasi substrat

Konsentrasi substrat yang terlalu sedikit akan mengakibatkan produktivitas menurun karena menjadi lelah dan keadaan ini memperbesar terjadinya kontaminasi. Peningkatan konsentrasi substrat akan mempercepat terjadinya fermentasi terutama bila digunakan substrat berkadar tinggi. Tetapi jika konsentrasi substrat berlebihan akan mengakibatkan hilangnya kemampuan bakteri untuk hidup sehingga tingkat kematian bakteri sangat tinggi.

f. Waktu fermentasi

Waktu fermentasi yang biasa dilakukan 3-14 hari. Jika waktunya terlalu cepat *Saccharomyces cerevisiae* masih dalam masa pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan dalam jumlah sedikit dan jika terlalu lama *Saccharomyces cerevisiae* akan mati maka alkohol yang dihasilkan tidak maksimal.

Pengembangan alat sederhana yang dibuat dapat membuktikan bahwa gas yang dihasilkan dari fermentasi adalah CO_2 . Hal ini sejalan dengan reaksi persamaan kimia : $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. Pada botol 2 yang berisikan larutan kapur dan larutan PP dapat berubah menjadi endapan kapur dan warna larutan PP menjadi memudar. Hal ini menandakan bahwa CO_2 yang dihasilkan dari botol 1 bergerak menuju botol 2 melalui selang. Warna larutan yang semakin memudar menunjukkan tingkat keasaman pH. Larutan PP yang semakin berwarna merah muda maka memiliki pH basa sedangkan apabila larutan PP berubah menjadi tak berwarna menunjukkan pH asam (Chang, 2005). Gas yang dihasilkan dari botol 2 akan menambah volume balon semakin besar. Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi antara air cucian beras dan ragi. Menurut (Utama et al., 2013) pada penelitiannya menerangkan penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* akan membentuk gas CO_2 karena *Saccharomyces cerevisiae* cenderung memanfaatkan gula untuk menghasilkan etanol dan CO_2 . Pada waktu fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* mengubah 1 mol glukosa menjadi 2 mol alkohol dan 2 mol gas, CO_2 . (Hambali et al., 2008). Volume balon yang semakin besar membuat pergeseran air di selang penghubung botol 2 dan 3 yang menunjukkan adanya tekanan gas di dalam botol 2. Pergeseran air yang terukur sesuai dengan penelitian Datar et al., (2004) bahwa penurunan volume air di dalam gelas ukur menunjukkan total gas yang dihasilkan.

Tekanan yang dihasilkan dari perbedaan konsentrasi substrat memiliki nilai yang lebih tinggi pada substrat air cucian beras bilasan pertama. Ini juga dipengaruhi kandungan glukosa yang banyak dapat mempercepat reaksi enzimatik dan mengakibatkan gelembung yang dihasilkan lebih banyak. Gelembung yang terbentuk membuat akumulasi gas yang banyak dan pergeseran air di selang 2 lebih cepat dikarenakan adanya

tekanan gas yang tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Sihaloho (2022) bahwa adanya perubahan tekanan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi.

Secara keseluruhan hasil dari pengamatan dengan menggunakan alat praktikum sederhana yang dikembangkan dapat menjadi alternatif praktikum di rumah. Data yang dihasilkan dapat diukur secara kuantitatif, dan membuktikan hasil reaksi kimia yang terlibat antara ragi dan gula maupun larutan kapur dan gas yang dihasilkan dari reaksi fermentasi. Alat praktikum sederhana ini lebih representatif daripada alat praktikum sederhana yang sebelumnya yakni berisi hanya 1 botol dengan balon sebagai penutupnya. Balon yang mengembang membuktikan adanya gas hasil fermentasi. Pengembangan alat praktikum sederhana dari penelitian ini menjadi lebih kompleks lagi karena membuktikan gas hasil fermentasi adalah CO_2 dan pengukuran tekanan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi. Namun alat praktikum sederhana yang dikembangkan ini masih memiliki kekurangan pada penyebaran atau diseminasi ke siswa belum dilakukan dan selang yang digunakan masih berukuran terbatas dikarenakan media yang dipakai berupa botol 600 ml sehingga lamanya fermentasi hanya dapat diamati dalam waktu yang singkat. Padahal menurut Utama et al. (2013) semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak gas yang dihasilkan sehingga data yang dihasilkan dapat lebih terlihat pengaruhnya dan alat praktikum bernilai positif dapat digunakan.

KESIMPULAN

Limbah rumah tangga yang dikeluarkan sehari-hari masih bisa dimanfaatkan menjadi bahan praktikum respirasi anaerob. Pemanfaatan air cucian beras dapat menggantikan gula sebagai substrat untuk bereaksi dengan ragi. Hal ini dikarenakan air beras mengandung glukosa. Pembuatan fermentasi alkohol dipengaruhi salah satunya oleh substrat dan konsentrasi substrat. Penggunaan air cucian beras bilasan ke-1, ke-2 dan ke-3 memiliki hasil yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi substrat akan meningkatkan produktivitas reaksi enzim yang semakin cepat. Alat praktikum sederhana yang digunakan dapat bernilai efektif dan representatif dari alat praktikum sederhana sebelumnya. Alat praktikum sederhana ini juga mampu mengkuantitatifkan data hasil pengamatan dengan mengukur tekanan gas yang dihasilkan pada fermentasi alkohol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study Of The Effectiveness Of Practical Work As A Teaching And Learning Method In School Science. *International Journal Of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Chang, R. (2005). *Kimia Dasar*. Penerbit : Erlangga.
- Datar, R. P., Shenkman, R. M., Cateni, B. G., Huhnke, R. L., & Lewis, R. S. (2004). Fermentation Of Biomass-Generated Producer Gas To Ethanol. *Biotechnology And Bioengineering*, 86(5), 587–594. <https://doi.org/10.1002/bit.20071>
- Desroir, N. (1988). *Unit Processing Organic Synthesis*. Edisi Ke-5, Mcgraw-Hill Book Company, New York.
- Fatimah, Febrina, L. G., & Lina, R. G. (2013). Kinetika Reaksi Fermentasi Alkohol Dari Buah Salak. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 2(2), 16–20. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1432>
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W., & Hendroko, R. (2008). *Teknologi Bioenergi*. Agro Media, Jakarta.
- Herviana Oktavia T. Dkk. (2013). Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Padat Secara Fermentasi Oleh *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(2), 160–164.

- 7517 *Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras Sebagai Substrat pada Respirasi Anaerob Menggunakan Alat Praktikum Sederhana di Rumah – Dita Amalia, Bambang Supriatno, Sri Anggraeni*
DOI : <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3542>
- Kuswanto, Rahayu, K., & Sudarmaji, S. (1989). *Mikrobiologi Pangan*. Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Meisadewi, N., Anggraeni, S., & Supriatno, B. (2017). Improving Students' Graphing Skills Through Quantitativebased Lab Activities. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 180(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Moeksin, R., Sari, W., & Ani. (2015). Pembuatan Bioetanol Dari Air Limbah Cucian Beras Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik Dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(1), 14–21.
- Nuraeni, E. (2016). Program Perkuliahan Anatomi Tumbuhan Berbasis Kerangka Instuksional Dimensi Belajar Marazno Untuk Mengembangkan Literasi Kuantitatif Mahasiswa. *Universitas Pendidikan Indonesia*. <http://Repository.Upi.Edu>
- Permendikbud Nomor 24. (2016).
- Prescott, S. G., & Said, C. G. (1959). *Industrial Microbiology*. Mcgraw-Hill Book Company.
- Riyaldi, A. S. (2019). Peran Pembelajaran Sistem Pernapasan Menggunakan Lkpd Berbasis Grafik Dalam Meningkatkan Graphing Skills Siswa Sma. In *Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Riyaldi, A. S., Supriatno, B., & Anggraeni, S. (2021). Desain Kegiatan Laboratorium Alternatif: Memfasilitasi Keterampilan Literasi Kuantitatif Siswa Melalui Praktikum Respirasi Anaerob. *Bioedusina*, 6(1), 104–120.
- Rustaman, N., Dirdjosoemarto, S., Yudianto, S. A., Kusumastuti, M. N., Rochintaniawati, D., & Achmad, Y. (2005). *Strategi Belajar Mengajar*. Um Press.
- Rustaman, N., & Wulan, A. R. (2007). *Strategi Pembelajaran Biologi*. Bandung: Universitas Terbuka.
- Rustaman, N. Y., Dirdjosoemarto, S., Yudianto, S. A., Achmad, Y., Subekti, R., Rochintaniawati, D., & Nurjhani. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Um Press.
- Sholikah, N., Rahmawati, K. W., & Prajoko, S. (2018). Pengembangan Respirometer Sederhana Dari Bahan Daur Ulang. *Indonesian Journal Of Natural Science Education (Ijnse)*, 1(1), 41–47. <https://doi.org/10.31002/Nse.V1i1.169>
- Sihaloho, I. (2022). Pengukuran Kadar Alkohol Berbasis Arduino Pada Proses Fermentasi Menggunakan Sensor Tekanan Dan Temperatur. *Jurnal Ilmiah Simantek*, 6(1), 44–47.
- Stanbury, P. F., & Whitaker, A. (1984). Principles Of Fermentation Technology. In *Pergamon Press*.
- Supriatno, B. (2013). Pengembangan Program Perkuliahan Pengembangan Praktikum Biologi Sekolah Berbasis Ancorb Untuk Mengembangkan Kemampuan Merancang Dan Mengembangkan Desain Kegiatan Laboratorium. In *Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Supriatno, B. (2018). Praktikum Untuk Membangun Kompetensi. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 1–18.
- Suryanda, A., Rusdi, R., & Kusumawati, D. (2017). Pengembangan Praktikum Virtual Urinalisis Sebagai Media Pembelajaran Biologi Siswa Sma Kelas Xi. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.21009/Biosferjpb.10-1.1>
- Tiagarajan, S., Semmel, S. D., & Semmel, I. M. (1976). Instructional Development For Training Teachers Of Exceptional Children: A Sourcebook. In *Center For Innovation In Teaching The Handicapped*. [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Utama, A.W, Legowo A.M, A.-B. A. N. (2013). Produksi Alkohol, Nilai Ph, Dan Produksi Gas Bioetanol Dari Susu Rusak Dengan Campuran Limbah Cair Tapioka. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 93–100.
- Wulandari, C., Muhartini, S., & Trisnowati, S. (2017). Pengaruh Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Selada. *Vegetalika*, 1(2), 1–12. <https://jurnal.ugm.ac.id/jbp/article/view/1516/1313>