

**THE EFFECT OF THE YEAST CONCENTRATION ON THE
BREADFRUIT (*Artocarpus altilis*) BIOETHANOL AS A
DEVELOPMENT OF THE STUDENT'S WORKSHEET IN
LEARNING MATERIAL BIOTECHNOLOGY SECOND YEAR
STUDENTS OF SMA**

Sri Rahayu¹), Imam Mahadi²), Irda Sayuti³)

Email: ayu1094rahayu@gmail.com, i_mahadi@yahoo.com, irdasayuti63@gmail.com

Handphone: +6282285089174

*Study Program of Biology
Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau*

Abstract: *The research aims to know influence of yeast concentration sukun (*Artocarpus altilis*) bioethanol level and produce a design biology student worksheet at senior high school biotechnology material. Experimental research by conducted experiment for 9%, 10%, 11%, 12% and 13% of sukun with 5 treatments 3 replicates whewe the substrate was hudrolyzed first with 5% sulfuric acid and continued with the developments of student worksheet from experimental research (only analyze and design stages). The research data were analized using variances analysis techniques and continued with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) of the 5% level. The results of the study indicate that yeast concentration affects the bioethanol. The highest average bioethanol content was found at 11% which was 9.70%. All research data can be used to design senior high school biology student worksheet in conventional biotechnology material class XII with project based learning models. However, before the worksheet design is used on a wider scale it is recomended that a feasibility test and effectiveness be carried out on a limited scale.*

Key Words: *Yeast Concentration, *Artocarpus altilis*, Bioethanol, Student Worksheet Desain*

PENGARUH KONSENTRASI RAGI TERHADAP BIOETANOL BUAH SUKUN (*Artocarpus altilis*) SEBAGAI PENGEMBANGAN LKPD PEMBELAJARAN MATERI BIOTEKNOLOGI SMA KELAS XII

Sri Rahayu¹⁾, Imam Mahadi²⁾, Irda Sayuti³⁾

Email: ayu1094rahayu@gmail.com, i_mahadi@yahoo.com, irdasayuti63@gmail.com

No. Handphone: +6282285089174

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Konsentrasi Ragi Fermentasi Buah Sukun (*Artocarpus altilis*) terhadap Kadar Bioetanol dan menghasilkan rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pembelajaran Biologi SMA materi Bioteknologi. Penelitian eksperimen dengan melakukan percobaan konsentrasi ragi fermentasi buah sukun 9%, 10%, 11%, 12% dan 13% dengan 5 perlakuan 3 ulangan dimana substrat dihidrolisis terlebih dahulu dengan H_2SO_4 5% dan dilanjutkan dengan pengembangan LKPD pembelajaran dari data hasil penelitian eksperimen (hanya pada tahap *Analisis* dan *Desain*). Data hasil penelitian dianalisis dengan teknik analisis varians (ANOVA), jika diketahui $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dilanjutkan dengan uji wilayah berganda duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ragi berpengaruh terhadap kadar bioetanol. Rata-rata kadar bioetanol tertinggi terdapat pada konsentrasi 11% yaitu 9,70%. Seluruh data hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk perancangan LKPD Pembelajaran Biologi SMA pada materi Bioteknologi Konvensional kelas XII dengan Model Pembelajaran *Project Based Learning*. Namun demikian, sebelum Rancangan LKPD tersebut digunakan pada skala yang lebih luas disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektivitas pada skala terbatas.

Kata Kunci: Konsentrasi Ragi, Buah Sukun, Bioetanol, Desain LKPD

PENDAHULUAN

Etanol merupakan bahan kimia yang sangat penting dalam industri kimia maupun kesehatan, bahkan juga dapat dipastikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM). Saat ini Indonesia masih kekurangan produksi etanol, sehingga diimpor dari Negara Brasil (Diah Restu Setiawati dkk, 2013). Pada masa kini pengembangan sumber bioetanol sudah mengarah pada tumbuh-tumbuhan, seperti di Brasil menggunakan sumber bioetanol yang berasal dari tebu dan ubi kayu. Ada juga yang berasal dari buah-buahan yang banyak mengandung pati (Wahyu Teguh S dkk, 2016). Salah satu buah-buahan yang berpotensi menjadi sumber etanol adalah buah sukun (*Artocarpus altilis*).

Tanaman sukun merupakan tanaman yang tersebar luas di Indonesia. Tanaman sukun dapat tumbuh subur di daerah tropis baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi sampai 1000 dpl. Tanaman ini juga mempunyai toleransi dan daya adaptasi yang tinggi sehingga mampu tumbuh baik di tanaman podsolik merah kuning, tanah berkapur maupun tanah berpasir serta tahan terhadap penyakit (Kementrian Pertanian RI, 2013). Buah sukun sebagai salah satu buah dengan kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu sekitar 28,2%. Oleh karena itu, kandungan karbohidrat yang tinggi ini dapat menjadikan buah sukun sebagai sumber etanol (Pitojo, 1999). Untuk itu, perlu diterapkannya teknologi berbahan baku buah sukun menjadi produk alternatif pengganti BBM yang ramah lingkungan, dengan menggunakan teknologi fermentasi. Salah satu hasil teknologi buah sukun adalah bioetanol.

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Bahan baku meliputi bahan baku sumber gula, bahan baku sumber pati, serta bahan baku sumber serat (lignoselulosa). Proses fermentasi bioetanol dari buah sukun merupakan proses biokimia dimana terjadi reaksi-reaksi kimia dengan bantuan mikroorganisme penyebab fermentasi tersebut yang bersentuhan dengan zat makanan yang sesuai dengan pertumbuhannya. Salah satu mikroorganisme yang berperan dan secara komersial digunakan dalam proses fermentasi bioetanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang sering terdapat pada ragi tapai. Keberadaan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai agen fermentasi bioetanol mempengaruhi produksi bioetanol dari perombakan bahan baku. Oleh karena itu konsentrasi ragi sangat mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan (Nana Dyah Siswati dkk, 2017).

Ketersediaan bahan ajar yang belum spesifik membahas tentang bioteknologi, terutama tentang fermentasi buah sukun (*Artocarpus Altilis*) sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol menyebabkan siswa menjadi dominan mengandalkan sumber belajar berupa buku. Hal ini diperkuat dengan pernyataan oleh Depdiknas (2008) bahwa kualitas buku pelajaran sains di lapangan ditinjau dari segi jumlah, jenis, maupun kualitasnya sangat bervariasi dan tidak jarang ditemukan buku teks tidak sesuai dengan kurikulum. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas sumber belajar pada materi bioteknologi diperlukan inovasi pada perancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) (Irda Sayuti dkk, 2016).

Penyusunan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dari hasil penelitian eksperimen bioetanol buah sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan menerapkan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional berdasarkan pada pendekatan saintifik yang menekankan sintak 5M yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan serta menekankan pada 3 aspek kompetensi yang harus dimiliki siswa yaitu afektif (sikap), kognitif (pengetahuan) dan psikomotor (keterampilan).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan 3 ulangan dengan konsentrasi ragi 9%, 10%, 11%, 12%, dan 13%. Masing-masing perlakuan difermentasi selama 5 hari. Selanjutnya metode penelitian pengembangan secara parsial (hanya tahap *Analisis* dan *Desain*) untuk perancangan Lembar Kerja Peserta Didik pada mata pelajaran Biologi SMA. Rancangan LKPD berisikan tentang materi Pokok Bioteknologi Konvensional yang didasarkan pada Standar Kurikulum 2013 menurut Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016. Penelitian dilaksanakan selama April–Mei 2019 di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), jika diketahui $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dilanjutkan dengan uji wilayah berganda duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

Alat dan Bahan:

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah ayakan, ember, tumbukan batu, baskom kecil, saringan, gabus penutup, selang kecil, Erlenmeyer 500ml, hot plate, pipet tetes, *aluminiumfoil*, spatula, pipet volume, gelas ukur 10ml, neraca analitik, alkoholmeter, dan pH indikator. Bahan yang digunakan adalah tepung buah sukun, ragi tapai (*Saccarhomyces cerevisiae*), H₂SO₄ 5% dan aquadest.

Prosedur Penelitian:

Tahap I

Persiapan bahan baku

Buah sukun yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasar bawah pekanbaru dengan diameter sekitar 10-15cm dengan berat 2-3kg, secara keseluruhan dibutuhkan sebanyak 25 buah sukun yang akan digunakan untuk 15 unit percobaan dan dipilih sukun yang setengah matang. Buah sukun dikupas dan dipotong buah sukun hingga berukuran 1cm, selanjutnya dijemur ±5 hari hingga kering. Setelah kering dilakukan penghalusan hingga diperoleh dalam bentuk serbuk buah sukun.

Sterilisasi alat

Menyiapkan peralatan yang akan digunakan pada proses fermentasi dan melakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada temperatur 121⁰C selama 15 menit.

Hidrolisis Substrat

Menyiapkan tabung Erlenmeyer ukuran 500 ml yang sudah disterilisasi sebanyak 15 buah. Masing-masing tabung Erlenmeyer diisi dengan substrat sebanyak 150g substrat yang telah berisi 200 ml aquades, selanjutnya ditambahkan 5 ml asam sulfat dengan konsentrasi 5% kemudian ditutup dengan gabus yang dilapisi *aluminium foil*. Selanjutnya memasukkan tabung Erlenmeyer berisi substrat kedalam autoklaf pada temperatur 120⁰C selama 60 menit.

Fermentasi

Menentukan pH substrat dengan mengukur masing-masing substrat dengan pH meter digital berkisar antara 4-5. Jika terlalu asam maka tambahkan larutan NaOH dan jika terlalu basa maka tambahkan larutan H₂SO₄. Memasukkan ragi sebanyak 9%, 10%, 11%, 12%, dan 13% kedalam masing-masing substrat yang sudah disterilkan. Melakukan homogenisasi dengan cara meng-*shake* selama 5 menit. Masing-masing Erlenmeyer ditutup kembali dengan menggunakan gabus yang sudah dipasang selang plastik dan terhubung kedalam gelas berisi air. Selanjutnya substrat difermentasi selama 5 hari.

Alkoholasi

Pengukuran kadar alkohol menggunakan alkoholmeter dengan cara menyelupkan batang alkoholmeter kedalam masing-masing larutan yang telah difermentasi kemudian menunggu hingga skala kadar alkohol ditunjukkan pada skala alkoholmeter.

Tahap II

Analisis

Tahap analisis menjelaskan tentang analisis kurikulum dan analisis proses pembelajaran. Analisis kurikulum diawali dengan telah terhadap kurikulum yang digunakan pada saat ini yaitu kurikulum 2013. Kemudian memilih kompetensi dasar yang berpotensi untuk dikembangkan berdasarkan hasil penelitian yang akan dijadikan rancangan lembar kerja peserta didik.

Desain

Tahap ini dilakukan perancangan (Desain) terhadap perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan mulai dari silabus, RPP, dan LKPD. Desain lembar kerja peserta didik mengacu pada format Depdiknas 2008, selanjutnya dilakukan pengayaan terhadap Lembar Kerja Peserta Didik tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Kadar Bioetanol

Hasil uji sidik ragam (Analisis varian) menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi ragi buah sukun (*Artocarpus altilis*) berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Selanjutnya setelah dilakukan uji wilayah berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test/DMRT*) pada taraf α 5% maka didapatkan hasil sebagaimana disajikan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rata-rata Kadar Bioetanol dari Fermentasi Buah Sukun

Perlakuan Konsentrasi Ragi (%)	Rata-rata kadar Bioetanol (%)
A ₁ (9)	2.37 ^a
A ₂ (10)	3.47 ^a
A ₃ (11)	9.70 ^b
A ₄ (12)	7.83 ^c
A ₅ (13)	7.63 ^c

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi dihasilkan yaitu sebesar 9,70% pada lama waktu fermentasi 5 hari dengan penambahan ragi sebanyak 11%. Pada konsentrasi ragi 11% mengalami peningkatan yang signifikan. Namun pada konsentrasi ragi yang lebih tinggi 12% dan 13% mengalami penurunan. Penurunan tersebut dikarenakan hilangnya kemampuan bakteri untuk hidup, jumlah sel yang ada pada awal fermentasi mengakibatkan terjadinya interaksi substrat yang meningkat untuk pertumbuhan sel, sehingga sumber karbon yang di konversi menjadi bioetanol semakin sedikit. Jarzebski (1989) juga menyampaikan bahwa kondisi untuk pertumbuhan pada populasi sel yang tinggi tidak diharapkan karena dapat mengganggu akses nutrisi, dan interaksi antar sel. Sehingga ditetapkan bahwa kondisi terbaik untuk proses fermentasi adalah pada konsentrasi ragi 11%, waktu fermentasi 5 hari, menghasilkan kadar bioetanol 9.70%. Hal ini disebabkan karena kandungan nutrient yang terdapat dalam ragi masih dapat mencukupi kebutuhan mikroba untuk melakukan aktifitas pertumbuhannya.

Semakin banyak ragi yang ditambahkan maka kadar etanol yang dihasilkan juga semakin besar karena dengan semakin banyak ragi yang ditambahkan, maka mikroorganisme yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak. Tetapi pada penambahan ragi yang lebih lanjut cenderung turun, karena disebabkan adanya *Saccharomyces cerevisiae* yang mati pada saat proses fermentasi berlangsung (Irvan dkk, 2016).

Lama fermentasi memiliki pengaruh terhadap densitas alkohol yang diuji dimana pengaruh tersebut berupa penurunan dalam nilai densitas seiring bertambahnya waktu, bahwa semakin lama fermentasi maka aktivitas mikroba mengalami pertumbuhan dengan berkembang biak semakin banyak, sehingga dengan semakin meningkatnya jumlah mikroba maka semakin banyak pula karbohidrat yang terurai menjadi alkohol. Dengan meningkatnya jumlah alkohol ini maka berat atau densitas daripada campuran alkohol-air akan semakin rendah.

Substrat merupakan bahan baku fermentasi yang mengandung nutrien-nutrien yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk tumbuh maupun menghasilkan produk fermentasi. Nutrien yang paling dibutuhkan oleh mikroorganisme baik untuk tumbuh maupun untuk menghasilkan produk fermentasi adalah karbohidrat. Karbohidrat merupakan sumber karbon yang berfungsi sebagai penghasil energi, sedangkan nutrien lain seperti protein dibutuhkan dalam jumlah lebih sedikit daripada karbohidrat (Azizah dkk., 2012). Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah sukun. Buah sukun mengandung karbohidrat. Jika dilihat dari tabel analisis kandungan proksimat

buah sukun, kandungan karbohidrat pada buah sukun sebesar 28,2%, sedangkan proteinnya sebesar 1,3%. Karbohidrat tersebut kemudian akan dikonversi menjadi bioetanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat mengkonversi gula menjadi etanol karena adanya enzim *invertase* dan *zimase*. Dengan Adanya enzim-enzim ini *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun disakarida. Jika gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida maka enzim *invertase* akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Setelah itu, enzim *zymase* akan mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan CO₂.

Nilai pH (Derajat Keasaman)

Rata-rata hasil pengukuran pH substrat fermentasi buah sukun sebagaimana disajikan dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Rata-rata Nilai pH Fermentasi Buah Sukun

Perlakuan Konsentrasi Ragi (%)	Rata-rata Nilai pH
A ₁ (9)	4.7
A ₂ (10)	4.3
A ₃ (11)	4.2
A ₄ (12)	3.9
A ₅ (13)	3.5

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan derajat keasaman (pH) pada cairan buah sukun setelah proses fermentasi selama 5 hari. Pada fermentasi 5 hari perlakuan pH menjadi 3,5, dimana hal ini disebabkan semakin lama fermentasi maka pH media akan semakin menurun. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses berlangsungnya fermentasi karena tinggi rendahnya nilai pH akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme agen fermentasi dalam fermentasi. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu dari beberapa faktor penting yang mempengaruhi fermentasi alkohol. Derajat keasaman (pH) optimum untuk proses fermentasi adalah antara 4–5. Pada pH dibawah 3, proses fermentasi alkohol akan berkurang kecepatannya (Buckle *et al.*, 2007). Hal tersebut di karenakan pH mempengaruhi efektivitas enzim yang dihasilkan mikroorganisme dalam membentuk kompleks enzim substrat. Menurut Purwoko (2007) pada proses fermentasi tidak hanya dihasilkan etanol dan karbondioksida akan tetapi juga dihasilkan produk samping seperti gliserol dan asam asetat. Taherzadeh *et al.*, (2007) menambahkan bahwa asam asetat dapat berdifusi melalui membrane sel dengan menurunkan pH internal.

Pada fermentasi buah sukun oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* produk fermentasi yang dihasilkan yaitu alkohol yang dimana bersifat asam sebagai metabolit primer dan gas CO₂ yang juga memiliki sifat asam sehingga sering disebut gas asam (*acid whey*) sebagai matabolit sekunder. Maka ketika waktu fermentasi semakin lama akan semakin banyak alkohol dan produksi gas CO₂ yang terbentuk juga semakin bertambah. Sesuai dengan pendapat Kartohardjono dalam Prametha dan Legowo

(2013), bahwa gas CO₂ Sering disebut gas asam (*acid whey*) karena gas CO₂ Memiliki sifat asam. Oleh karena itu gas CO₂ juga berkontribusi terhadap nilai pH.

Nilai Suhu Fermentasi Buah Sukun

Rata-rata hasil pengukuran suhu substrat fermentasi buah sukun sebagaimana disajikan dalam tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Rata-rata Suhu Fermentasi Buah Sukun

Perlakuan Konsentrasi Ragi (%)	Rata-rata Suhu (°C)
A ₁ (9)	27
A ₂ (10)	29
A ₃ (11)	30
A ₄ (12)	28
A ₅ (13)	27

Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa produksi gas CO₂ sedikit mengalami peningkatan meskipun dinilai tidak jauh berbeda seiring bertambahnya waktu fermentasi. Peningkatan suhu rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi ragi 11% yaitu 30°C. Sedangkan kondisi selanjutnya mengalami penurunan atau sesuai dengan kondisi suhu lingkungan. Menurut Hambali dkk (2008), mengatakan bahwa setiap 1 molekul glukosa akan dipecah oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi 2 molekul alkohol dan 2 molekul gas CO₂. Gas CO₂ memiliki perbandingan stoikiometri yang sama dengan etanol yaitu 1 : 1. Meskipun secara teori perbandingan antara produksi gas dan produksi alkohol adalah 1 : 1, pada kenyataannya hanya 70-80% gas yang dapat diukur. Peningkatan volume gas CO₂ dapat dilihat pada fase tumbuh cepat yang ditandai dengan kurva naik secara tajam, dimana pada fase ini terjadi pembongkaran gula secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan. Seiring meningkatnya aktivitas perombakan gula maka diikuti dengan bertambahnya volume etanol dan gas CO₂ yang dihasilkan. Peningkatan volume gas CO₂ yang dihasilkan dari proses fermentasi akan menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* diikuti dengan penurunan kadar etanol. Hal ini dikarenakan meningkatnya pH substrat dari volume gas CO₂ yang juga meningkat dan fermentasi akan berlanjut setelah gas CO₂ dihilangkan serta ketersediaan nutrisi memadai.

Perancangan Lembar Kerja Peserta Didik

Langkah-langkah perancangan LKPD yang dilakukan dengan menggunakan dua tahap yaitu tahap analisis potensi dan tahap Desain.

Analisis

Berdasarkan hasil analisis kurikulum yang telah dilakukan, topik/kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa kompetensi dasar (KD), materi pembelajaran, dan potensi pengembangannya pada mata pelajaran Biologi SMA dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. analisis kurikulum yang telah dilakukan

Data hasil Penelitian	Materi	Kompetensi Dasar	Kelas	Potensi Pengayaan
1. Peran bakteri dalam fermentasi bioetanol buah sukun	Mikrobiologi	4.5 Menyajikan data dan ciri-ciri dan peran bakteri dalam kehidupan.	X	LKPD
2. Pemanfaatan Buah Sukun untuk dijadikan sebuah produk yang berguna bagi kehidupan.	Produk Bioteknologi Konvensional	3.10 Menganalisis prinsip-prinsip bioteknologi dan penerapannya sebagai upaya peningkatan kesejahteraan manusia.	XII	LKPD
3. Penerapan konsep bioteknologi konvensional pemanfaatan Buah Sukun untuk dijadikan bioetanol.	Produk Bioteknologi Konvensional	4.10 Menyajikan laporan hasil percobaan penerapan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional berdasarkan <i>scientific method</i> .	XII	LKPD

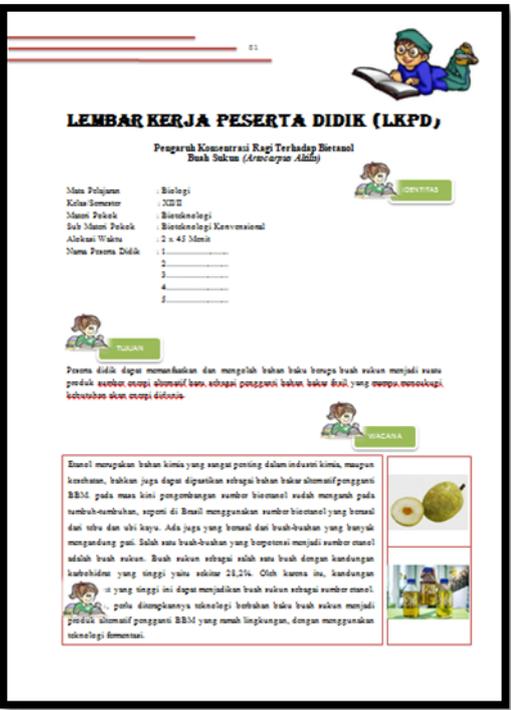
Desain

Pada tahap perancangan (*design*) terdiri 2 tahap yaitu tahap perancangan perangkat pembelajaran dan desain LKPD. Tahap rincian materi pembelajaran dalam perancangan LKPD terdapat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Rincian Pengembangan Materi pembelajaran pada Rancanagn LKPD

Pertemuan	Materi	Kegiatan
I	Pengertian Bioteknologi, Bioteknologi Konvensional serta Bioteknologi Modern.	Diskusi tanya jawab
II	Produk Bioteknologi Konvensional dan Bioteknologi Modern.	Diskusi tanya jawab, mengerjakan LKPD, postest
III	Bioteknologi penghasil bahan bakar Bioetanol (Produk bioteknologi konvensional)	Diskusi tanya jawab tentang teknis pelaksanaan proyek, mengerjakan LKPD, postest
IV	Ulangan Harian (UH)	

Tabel 6. Morfologi Sampul dan Sistematika Isi LKPD Pembelajaran Bioteknologi SMA

Morfologi LKPD	Sistematika Isi LKPD
 <p>The image shows a student worksheet (LKPD) with the following sections: <ul style="list-style-type: none"> IDENTITAS: A table for student information including Name, Class, Semester, Subject, Sub-Subject, Allocation Time, and Student Name. TUJUAN: A paragraph stating the goal is for students to understand and explain the process of converting fruit waste into ethanol. WACANA: A text block explaining the importance of ethanol in the chemical industry and its production from biomass (BBM) using yeast. It mentions that fruit waste like jackfruit can be used as a substrate for ethanol production. </p>	<ol style="list-style-type: none"> Judul Identitas Tujuan Petunjuk Belajar Wacana Sumber Belajar Alat Bahan Cara Kerja Kegiatan Tugas Peserta Didik

Sumber: Sri Rahayu (2019)

Kompetensi yang harus dicapai oleh peserta didik setelah mempelajari LKPD pembelajaran adalah peserta didik dapat menjelaskan proses fermentasi alkohol dalam pengolahan buah sukun dan menjelaskan pengaruh konsentrasi ragi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Namun demikian, sebelum digunakan secara luas hendaknya rancangan modul ini dilakukan uji kelayakan dan uji efektivitas penggunaannya.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian bahwa konsentrasi ragi berpengaruh terhadap hasil bioetanol buah sukun dengan hasil terbaik yaitu pada penambahan konsentrasi ragi sebanyak 11% dan lama fermentasi 5 hari yaitu sebanyak 9,70%. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berorientasi pada model *Project Based Learning* (PjBL) mata pelajaran Biologi kelas XII SMA pada materi bioteknologi. Sebelum Rancangan LKPD tersebut digunakan pada skala yang lebih luas disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektifitas pada skala terbatas.

Rekomendasi

Penelitian lebih lanjut mengenai proses fermentasi buah sukun perlu dilakukan. Selain itu mempertimbangkan faktor lain sebagai perlakuan tambahan, yaitu faktor suhu atau penggunaan mikroba jenis lain serta dengan menambahkan rentang waktu lama fermentasi, untuk mengetahui perlakuan yang menghasilkan bioetanol dengan kadar etanol tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. Klasifikasi Khamir *Saccharomyces cerevisiae* (Online). (<https://id.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces>) diakses tanggal 15 maret 2019
- Aan Mau'izatul Hasanah. 2007. Pengaruh Total Mikroba Pada Merk Ragi Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Putih (*Oryza Sativa L. Var. Forma Glutinosa*). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Adma, Hamdan. 2012. *Variasi dan morfologi kandungan buah sukun*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta.
- Anang Setiawan dan Aisyah Endah Palupi. 2013. Pengaruh Katalisator Pupuk NPK Merk Phonska Pada Fermentasi Umbi Garut (*Maranta arundinacea linn*) Untuk Produksi Bioethanol Sebagai Extender Premium. *Jurnal Teknik Mesin*. 02(01): 153-162. Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Azizah N., Albaarri A.N., Mulyani S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Alkohol, pH dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Subtitusi Kulit Nenas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 1 (2): 72-77. Fakultas Peternakan dan Pertanian UNDIP. Semarang

Badan Standarisasi Nasional. 2009. Etanol Nabati. SNI 3565:2009.

Bintang. 2013. *Bioetanol dari kulit durian*. UPN

Dedy Irawan dan Zainal Arifin. 2010. Pemanfaatan Sampah Organik Kota Samarinda Menjadi Bioetanol: Klasifikasi dan Potensi. *Jurnal Seminar Rekayasa Kimia dan Proses* ISSN: 1411-4216 2010. Politeknik Negeri Samarinda. Samarinda.

Deky Seftian, Ferdinand Antonius dan M. Faisal. 2012. Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia 1 (18)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNSRI. Palembang.

Diah Restu Setiawati, Anastasia Rafika Sinaga dan Tri Kurnia Dewi. 2013. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia 1 (19)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNSRI. Palembang.

Depdiknas, 2008. Pengembangan Bahan Ajar. Sosialisasi KTSP 2008. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

Gede Yogi Wikrama Yuda, Made Mahaputra Wijaya, Ni Putu Suwariani. 2018. Studi Pengaruh Ph Awal Media Dan Konsentrasi Substrat Pada Proses Fermentasi Produksi Bioetanol Dari Hidrolisat Tepung Biji Kluwih (*Actinocarpus Communis*) Dengan Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal manajemen agroindustri*. ISSN: 2503-488X, Vol. 6. No. 2. April 2018 (115-124)

Irda Sayuti, Yustina dan Nia Hardianti. 2016. Identifikasi Bakteri pada Sampah Organik Pasar Kota Pekanbaru dan Potensinya sebagai Rancangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Biologi SMA. *Jurnal Biogenesis* 13 (1): 51-60 2016 ISSN: 1829-5460. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.

Irvan, Ayu Windira Putri, Sri Ulina Surbakti dan Bambang Trisakti. 2016. Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak (*Artocarpus champeden spreng*). *Jurnal Teknik Kimia* 5 (2) ISSN: 2337-4888. Fakultas Teknik USU. Medan

Miskah, Wasti Saing dan Coraima Siburian. 2017. Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (23). Fakultas Teknik UNSRI. Palembang

Nana Dyah Siswati, 2017. Fermentasi Buah Sukun Menjadi Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia* 11(2): 56-58.

- Pamilia Coniwanti, Florensus Siagian dan Yuri Prasetyo. 2016. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Variasi Masa Ragi Terhadap Pembuatan Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (22)45-53 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNSRI. Palembang
- Pitojo, S. 1992. *Budidaya Sukun*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Purba, R. P. 2009. Produksi Etanol dengan Variasi Inokulum dan Kadar Pati Jagung pada Kultur Sekali Unduh. Skripsi. Fakultas Teknobiologi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Permendikbud No. 20. 2016. *Standar Kompetensi Lulusan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta.
- Prametha dan Legowo. 2013. Pemanfaatan Susu Kadaluwarsa dengan Fortifikasi Kulit Nenas untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 2 (1). Fakultas Peternakan dan Pertanian UNDIP. Semarang.
- Syamsuhidayat, S.S. dan J.R. Hutapea. 1991. *Inventaris Tanaman Obat Indonesia*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- Taherzadeh, M. J. dan K. Karimi. 2007. Enzyme-Based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulostic Materials . A Review. *BioResources* 2(4), hal: 707-738.
- Wahyu Teguh Santoso, Alimuddin dan Rudi Kartika. 2016. Pembuatan Etanol dari Biji Cempedak (*Artocarpus champeden sp*) dengan Menggunakan Hidrolisis Enzim Alfa Amilase dan Glukolase. *Jurnal Kimia Mulawarman* 13 (2) ISSN: 1693-5616. FMIPA Kimia UNMUL. Samarinda.