

THE INFLUENCE OF FERMENTATION TIME PINEAPPLE SKIN WASTE (*Ananas comosus* L. Merr) AGAINST BIOETHANOL LEVEL AS A DESIGN BIOLOGY LEARNING MODULE AT SENIOR HIGH SCHOOL BIOTECHNOLOGY MATERIAL

Dedy Purnomo¹), Sri Wulandari²), Imam Mahadi²)

Email: purnomo_alfatih@yahoo.co.id, wulandari_sri67@yahoo.co.id, i_mahadi@yahoo.com
Handphone: +6285375240194

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

Abstract: *The research aims to know influence of fermentation time pineapple skin waste (*Ananas comosus* L. Merr) against bioethanol level and produce a design biology learning module at senior high school biotechnology material. Therefore a survey has been conducted in Kualu Nenas village of Kampar district Riau province to obtain the information as a raw for research and instruments for designing learning module. Experimental research by conducted a long fermentation experiment for 24 hours, 48 hours, 72 hours, 96 hours and 120 hours of pineapple skin waste with 5 treatments 3 replicates where the substrate was hydrolyzed first with 5% sulfuric acid and continued with the developments of learning module from experimental research (only analyze and design stages). The research data were analyzed using variances analysis techniques and continued with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) of the 5% level. The results of the study indicate that fermentation time affects the bioethanol level and decreases the pH value, but does not affect temperature changes. The highest average bioethanol content was found at 96 hours (4 days) of fermentation which was 9.90%. All research data can be used to design senior high school biology learning module in conventional biotechnology material class XII with project based learning models. However, before the module design is used on a wider scale it is recommended that a feasibility test and effectiveness be carried out on a limited scale.*

Key Words: *Fermentation, Pineapple Skin Waste, Bioethanol, Biology Learning Module*

PENGARUH LAMA FERMENTASI LIMBAH KULIT NENAS (*Ananas comosus L. Merr*) TERHADAP KADAR BIOETANOL SEBAGAI RANCANGAN MODUL PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA MATERI BIOTEKNOLOGI

Dedy Purnomo¹⁾, Sri Wulandari²⁾, Imam Mahadi²⁾

Email:purnomo_alfatih@yahoo.co.id, wulandari_sri67@yahoo.co.id, i_mahadi@yahoo.com
No. Handphone: +6285375240194

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Lama Fermentasi Limbah Kulit Nenas (*Ananas comosus L. Merr*) terhadap Kadar Bioetanol dan menghasilkan rancangan modul pembelajaran Biologi SMA materi Bioteknologi. Untuk itu telah dilakukan survey di Desa Kualu Nenas Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau guna memperoleh informasi data ilmiah sebagai bahan baku penelitian dan instrumen perancangan modul pembelajaran. Penelitian eksperimen dengan melakukan percobaan lama waktu fermentasi limbah kulit nenas selama 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam dengan 5 perlakuan 3 ulangan dimana substrat dihidrolisis terlebih dahulu dengan H₂SO₄ 5% dan dilanjutkan dengan pengembangan modul 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 lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol dan penurunan nilai pH, namun tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu. Rata-rata kadar bioetanol tertinggi terdapat pada lama fermentasi 96 jam (4 hari) yaitu 9,90%. Seluruh data hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk perancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA pada materi Bioteknologi Konvensional kelas XII dengan Model Pembelajaran *Project Based Learning*. Namun demikian, sebelum Rancangan Modul tersebut digunakan pada skala yang lebih luas disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektivitas pada skala terbatas.

Kata Kunci: Fermentasi, Limbah Kulit Nenas, Bioetanol, Modul Pembelajaran Biologi

PENDAHULUAN

Nenas merupakan salah satu komoditas hortikultura yang berpotensi, produksinya mencapai 8,75% dari total produksi buah-buahan Indonesia. Penyebaran tanaman nenas di Indonesia hampir merata diseluruh daerah, dikarenakan wilayah Indonesia memiliki keragaman agroklimat yang memungkinkan untuk melakukan pengembangan berbagai jenis tanaman, termasuk salah satunya komoditas nenas. Provinsi Riau termasuk penghasil buah nenas dengan penghasilan sepanjang tahun 2015 berjumlah 20.572.125 ton (BPS Provinsi Riau, 2017). Kabupaten Kampar merupakan salah satu sentra penanaman nenas di Provinsi Riau dengan jumlah produksi sebesar 13.460 ton. Sentra pengembangan tanaman nenas di Kabupaten Kampar terletak di Kecamatan Tambang. Produksi nenas tahun 2013 di Kecamatan Tambang berjumlah 12.750 ton, yang dihasilkan dari 13.250.000 pohon nenas (BPS Kabupaten Kampar, 2014).

Pemanfaatan buah nenas sejauh ini hanya terbatas pada daging buahnya saja atau sebatas tanaman konsumsi seperti keripik, selai, sirup, dodol dan minuman segar nenas sementara kulit tidak diolah lebih lanjut karena struktur fisik kulitnya yang kasar dan keras. Semakin meningkatnya produksi buah nenas tersebut maka limbah kulit nenas yang dihasilkan akan semakin meningkat. Limbah kulit nenas dapat diolah dan dimanfaatkan salah satunya yaitu sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol (Novitasari dalam Ari Diana Susanti dkk., 2013).

Limbah kulit buah nenas mengandung 43,54% air; 20,87% serat kasar; 17,53% karbohidrat; 4,41% protein dan 13,65% gula reduksi. Kulit nenas yang dibuang akan menjadi permasalahan limbah di alam karena akan mencemari lingkungan seperti meningkatnya keasaman tanah, menimbulkan bau tak sedap sehingga harus dimanfaatkan (Prametha dan Legowo, 2013). Dilihat dari jumlah serat kasar, karbohidrat dan glukosa yang dikandung kulit nenas yang cukup tinggi maka kulit buah nenas sangat mungkin untuk dimanfaatkan dalam pembuatan bioetanol (Sally Mandari dkk., 2010).

Bioetanol adalah senyawa biokimia yang dihasilkan melalui proses fermentasi dari berbagai sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme sebagai agen biologinya (Rosdiana Muin dkk., 2014). Mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi limbah kulit nenas adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat pada ragi tapai.

Kebutuhan materi pembelajaran yang kontekstual secara komprehensif menuntut peserta didik untuk lebih meningkatkan pemahaman sikap kognitif, afektif dan psikomotor yang saling terintegrasi sehingga dalam kegiatan pembelajaran guru harus memiliki strategi dalam memenuhi kebutuhan peserta didik tersebut. Modul pembelajaran adalah bahan ajar yang telah disiapkan dalam bentuk cetakan yang berfungsi untuk keperluan penyampaian informasi pembelajaran (Andi Prastowo, 2014). Penggunaan modul dalam kegiatan pembelajaran dalam masih sangat minim, disamping itu jika dilihat dari jumlah dan kualitasnya buku pelajaran sains dilapangan masih sangat bervariasi, tidak jarang ditemukan buku teks yang tidak sesuai dengan kurikulum (Depdiknas dalam Irda Sayuti dkk., 2016). Dengan alasan tersebut data hasil penelitian fermentasi limbah kulit nenas (*Ananas comosus L. Merr*) digunakan sebagai pengembangan rancangan modul pembelajaran Biologi SMA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu metode eksperimen dengan 5 perlakuan 3 ulangan dengan lama fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam. Selanjutnya metode penelitian pengembangan secara parsial (hanya tahap *Analisis* dan *Desain*) untuk perancangan modul pembelajaran Biologi SMA. Rancangan modul berisi materi Pokok Bioteknologi Konvensional yang didasarkan pada Standar Kurikulum 2013 menurut Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016. Penelitian dilaksanakan selama Januari – April 2019 di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANAVA), 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 tabung Erlenmeyer 250 ml, gelas ukur, beker gelas, batang pengaduk, pipet tetes, pH meter digital, alkohol meter, *aluminium foil*, corong gelas, spatula, mortar, neraca analitik, kertas saring, seperangkat alat destilasi sederhana, autoklaf, saringan, selang plastik, gabus penutup, dan blander. Bahan yang digunakan adalah limbah kulit nenas, ragi tapai (*Saccarhomyces cerevisiae*), H₂SO₄ 5%, NaOH 50% dan aquadest.

Prosedur Penelitian:

Tahap I: Eksperimen

Persiapan bahan baku. Sebanyak 10 kg limbah kulit nenas dicuci bersih dengan menggunakan air mengalir. Kulit nenas yang digunakan adalah kulit nenas yang telah berwarna kuning menyeluruh. Selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan blander secara bertahap kemudian disaring sehingga diperoleh cairan substrat yang bebas dari partikel kasar.

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 250 ml yang sudah disterilisasi sebanyak 15 buah. Masing-masing tabung Erlenmeyer diisi dengan substrat sebanyak 200 ml, selanjutnya ditambahkan 10 ml asam sulfat dengan konsentrasi 5% kemudian ditutup dengan gabus yang dilapisi *aluminium foil*. Selanjutnya tabung Erlenmeyer berisi substrat dimasukkan kedalam autoklaf pada temperatur 120⁰C selama 60 menit. Setelah itu hidrolisat didinginkan.

Fermentasi. Menentukan pH substrat dengan mengukur masing-masing substrat dengan pH meter berkisar antara 4-5. Jika terlalu asam maka tambahkan larutan NaOH dan jika terlalu basa maka tambahkan larutan H₂SO₄. Pengukuran pH perlu dilakukan karena *Saccarhomyces cerevisiae* akan tumbuh dan bekerja dengan baik pada kisaran pH tersebut. Selanjutnya memasukkan 4 gr ragi tapai kedalam masing-masing substrat yang sudah disterilkan. Dilakukan 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. Tujuannya untuk menghindari kontak langsung dengan udara bebas. Selanjutnya substrat difermentasi selama 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam.

Destilasi. Merangkai peralatan destilasi dengan benar. Sebanyak 200 ml substrat dimasukkan kedalam labu destilasi (kedjal). Suhu *waterbath* diatur hingga mencapai 80⁰C (sesuai dengan titik didih etanol) dan dilakukan destilasi selama 90 menit sampai etanol tidak menetes lagi. Destilat ditampung kedalam Erlenmeyer dan mengukurnya dengan gelas ukur.

Tahap II: Perancangan Modul Pembelajaran

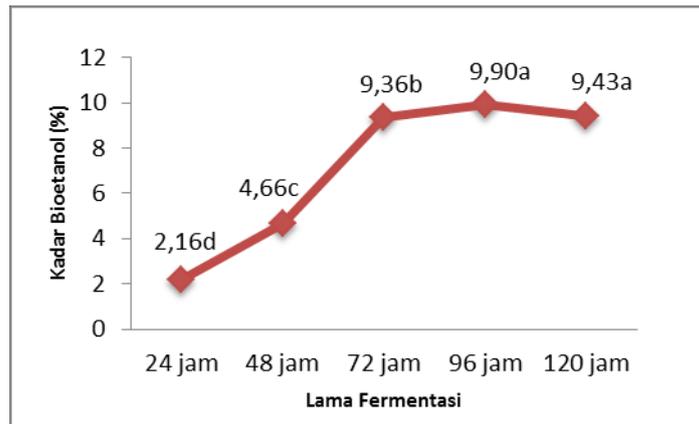
Analisis. Tahap analisis yaitu melakukan *needs assessment* (analisis kebutuhan) dan melakukan analisis tugas (*task analysis*). Pada tahap ini dilakukan telaah terhadap kurikulum yang saat ini digunakan oleh sebagian Sekolah Menengah Atas (SMA) yaitu Kurikulum 2013 revisi. Tujuan dari penelaahan tersebut yaitu untuk menentukan rancangan modul pembelajaran biologi SMA. Tahap awal ini menganalisa yang meliputi analisa Kompetensi Dasar (KD) dan juga menganalisa silabus pembelajaran. Dilanjutkan dengan analisis bahan ajar guna mengetahui sejauh mana bentuk bahan ajar yang efektif untuk menunjang proses pembelajaran pada kompetensi dasar yang sesuai. Terakhir menganalisa tujuan pembelajaran yang dapat dijadikan sasaran rancangan modul pembelajaran. Pada tahap ini dilihat kesesuaian materi yang akan dirancang pada modul pembelajaran.

Desain. Tahap ini dikenal juga dengan istilah membuat rancangan (*blueprint*). Pada tahap ini merupakan tahap rancangan modul pembelajaran biologi yang telah peneliti analisa. Sehingga rancangan ini dapat dijadikan pedoman dalam mengembangkan modul pembelajaran yang terkait dengan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Hasil uji ANAVA menunjukkan bahwa lama fermentasi limbah kulit nenas (*Ananas comosus L. Merr*) berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol. Setelah dilakukan uji lanjut DMRT pada taraf α 5% maka didapatkan hasil sebagaimana tertera pada gambar berikut:



Gambar 1. Rata-rata kadar bioetanol (Sumber: Dedy Purnomo, 2019)

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata lama waktu fermentasi limbah kulit nenas terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dengan berbagai variasi waktu terus mengalami peningkatan. Kadar bioethanol terendah dihasilkan pada waktu fermentasi 24 jam dan mengalami peningkatan pada waktu fermentasi 48 jam. Pada tahap ini mikroorganismenya (*Saccharomyces cerevisiae*) berada pada tahapan adaptasi dengan kondisi lingkungan substrat yang baru sehingga belum mengalami aktivitas perombakan glukosa, jikalau pun ada hanya sedikit. Pada tahapan ini *Saccharomyces cerevisiae* tetap dalam keadaan hidup dengan memanfaatkan sedikit nutrien berupa glukosa dan protein yang ada pada substrat sehingga bioetanol yang dihasilkan relatif sedikit. Jika dikaitkan dengan kurva pertumbuhan pada fase adaptasi akan diperlihatkan grafik yang mendatar. Jika inokulum sel baru dipindahkan ke media yang sama, maka fase adaptasi tidak akan terjadi, jadi dimulai langsung dengan pertumbuhan eksponensial. Jika inokulum dari stok lama meskipun dipindahkan ke media dengan kondisi yang sama fase adaptasi akan tetap terjadi. Hal ini disebabkan karena kemungkinan kultur sel rusak saat penyimpanan pada waktu yang lama. Adanya pemanasan, radiasi, atau bahan kimia toksik juga sangat mempengaruhi sehingga sel membutuhkan waktu untuk memperbaiki kerusakan ini misalnya mensintesis enzim baru guna kelangsungan respirasi sel.

Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan pada lama waktu fermentasi 96 jam yaitu sebesar 9,90% sedangkan pada waktu 120 jam bioetanol mengalami penurunan. Fase logaritmik merupakan fase dimana *Saccharomyces cerevisiae* melakukan pembelahan sel secara cepat dengan bantuan glukosa sebagai sumber energi sel sehingga pada fase ini terjadi perubahan glukosa menjadi etanol secara besar-besaran sehingga pada waktu fermentasi 96 jam terjadi peningkatan kadar bioetanol. Setelah melewati fase logaritmik selanjutnya *Saccharomyces cerevisiae* memasuki tahap stasioner dimana pada tahapan ini jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* yang hidup sebanding dengan yang mati. Hal ini dikarenakan kadar nutrien pada substrat mulai habis sehingga pada tahapan ini hanya sedikit terjadi perubahan glukosa menjadi etanol, pada fase ini kadar etanol secara bertahap mengalami penurunan. Menurunnya kadar bioetanol dikarenakan perubahan senyawa etanol menjadi senyawa lain misalnya senyawa ester. Jika dikaitkan dengan fase pertumbuhan mikroorganismenya, maka pada fase ini merupakan fase menuju kematian yang dipengaruhi oleh kadar etanol yang dihasilkan. Semakin banyak glukosa yang dikonversi maka semakin banyak pula etanol yang terkandung dalam substrat. Etanol bersifat toksik sehingga dapat mengganggu proses pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Keberadaan larutan asam yang digunakan pada proses hidrolisis juga dapat

mendegradasi glukosa dan nutrisi lainnya menjadi senyawa hidroksi metal furfural (HMF) yang selanjutnya akan berubah menjadi asam formiat (Rosdiana Muin dkk., 2014).

Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Nilai pH

Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH (derajat keasaman) substrat kulit nenas menunjukkan bahwa lama fermentasi limbah kulit nenas (*Ananas comosus L. Merr*) berpengaruh terhadap penurunan nilai pH. 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. Oleh karena itu, pada awal pelaksanaan penelitian dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu agar pertumbuhan mikroorganisme agen fermentasi tumbuh dengan baik yaitu dengan pH minimal 4,2-4,5. Menurut Prametha dan Legowo (2013), penurunan nilai pH disebabkan karena dengan semakin lama waktu fermentasi semakin meningkat pula kadar alkohol yang didapatkan dan hasil samping (*by product*) yaitu gas CO₂ dari proses fermentasi, dimana mempengaruhi nilai pH substrat. Pada fermentasi limbah kulit nenas 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 metabolit sekunder. Kondisi ini menyebabkan pH fermentasi kulit nenas semakin menurun dengan bertambahnya waktu fermentasi. 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.

Selain itu, pada awal proses glikolisis dan fermentasi setiap satu mol glukosa (C₆H₁₂O₆) yang melalui lintasan *Embden Meyerhoff Pamas* (EMP) akan dipecah menjadi dua mol asam piruvat (CH₃COCOOH) dan melepaskan dua mol ion H⁺, pelepasan dua mol ion H⁺ ini juga mempengaruhi penurunan pH substrat limbah kulit nenas selama proses fermentasi (Arnata dkk., 2008). Selain itu, produk yang dihasilkan dalam fermentasi alkohol selain etanol dan CO₂ adalah 2,3 butanediol, gliserol, asam asetat, asam butirat, asam format, asam suksinat, asetaldehid, 1-propanol dan 2-metil butanol dimana juga berkontribusi dalam menurunkan nilai pH (Maiorella dalam Prametha dan Legowo, 2013).

Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Suhu

Hasil pengukuran suhu substrat limbah kulit nenas menunjukkan bahwa lama fermentasi tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu substrat. Pengukuran suhu substrat diketahui bahwa produksi gas CO₂ sedikit mengalami peningkatan meskipun dinilai tidak signifikan seiring bertambahnya lama waktu fermentasi. Peningkatan suhu rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan lama waktu fermentasi ke-3 (W₂) yaitu 28⁰C, sedangkan kondisi selanjutnya mengalami penurunan atau sesuai dengan kondisi suhu lingkungan. Proses fermentasi berlangsung secara eksotermis artinya dalam proses fermentasi akan mengeluarkan panas. Panas ini disebabkan oleh produk gas hasil metabolit sekunder yang dihasilkan mikroorganisme agen fermentasi berupa

karbondioksida (CO₂) selain alkohol dan asam-asam lainnya. 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 nutrien memadai.

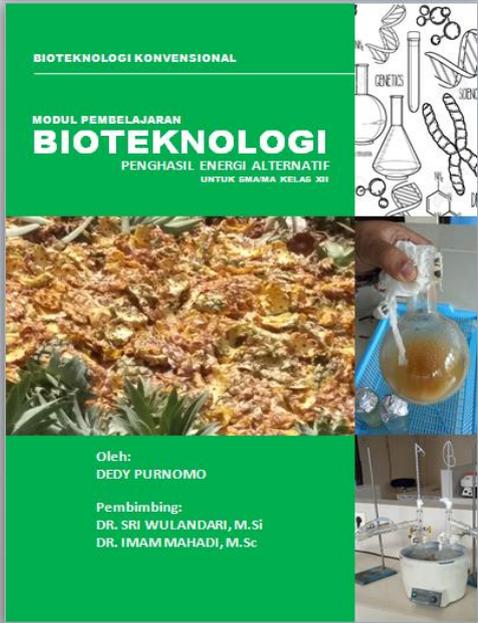
Rancangan Modul Pembelajaran dari Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka sumber belajar yang dirancang peneliti berupa modul yang kontekstual sesuai dengan hasil penelitian. Hasil rancangan modul pembelajaran terdiri atas bagian pendahuluan meliputi tingkatan kurikulum dan petunjuk penggunaan, bagian isi meliputi kegiatan pembelajaran dan bagian penutup yang memuat tentang glosarium dan referensi. Adapun komponen rancangan dan morfologi modul pembelajaran Biologi yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut:

Tabel 1. Komponen dan Karakteristik Modul Pembelajaran dari Hasil Penelitian

KOMPONEN	KARAKTERISTIK
A. IDENTITAS	
▪ Judul	Bioteknologi Penghasil Energi
▪ Penulis	Dedy Purnomo
▪ Pembimbing	Dr. Sri Wulandari, M.Si Dr. Imam Mahadi, M.Sc
▪ Mata Pelajaran	Biologi SMA
▪ Kurikulum	2013
▪ Sasaran Pembelajaran	Siswa Kelas XII
▪ Model Pembelajaran	<i>Project Based Learning</i> (PjBL)
B. NASKAH	
▪ Ukuran Kertas	Kwarto (A4)
▪ Jumlah Halaman	24
▪ Jenis Huruf (Font)	Times New Roman 12

Tabel 2. Morfologi Sampul dan Sistematika Isi Modul Pembelajaran Bioteknologi SMA

Morfologi Sampul	Sistematika Isi Modul
	<ul style="list-style-type: none"> Kata Pengantar Daftar Isi Daftar Gambar Daftar Tabel Tingkatan Kurikulum Petunjuk Penggunaan Modul Pendahuluan Kegiatan Belajar Latihan Tes Formatif Rangkuman Umpan Balik Tindak Lanjut Kunci Jawaban Daftar Pustaka

Sumber: Dedy Purnomo (2019)

Kompetensi yang harus dicapai oleh peserta didik setelah mempelajari modul pembelajaran adalah peserta didik dapat menjelaskan pengertian bioteknologi, peserta didik dapat mendeskripsikan macam-macam bioteknologi penghasil energi. Peserta didik dapat menjelaskan proses fermentasi alkohol dalam pengolahan limbah kulit nenas dan menjelaskan pengaruh lama fermentasi limbah kulit nenas 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 analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa Dari data hasil penelitian melalui uji Anava pada taraf 5% bahwa lama waktu fermentasi limbah kulit nenas (*Ananas comosus L. Merr*) berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar bioetanol. Kadar bioetanol tertinggi terdapat pada waktu fermentasi 96 jam (4 hari) yaitu sebanyak 9,90%. Berdasarkan analisis kurikulum hasil penelitian dapat dijadikan sebagai rancangan modul pembelajaran pada konsep Bioteknologi Konvensional di SMA.

Rekomendasi

Dari hasil penelitian masyarakat agar dapat menggunakan limbah kulit nenas (*Ananas comosus L. Merr*) sebagai bahan baku pembuatan bioetanol guna mengurangi dampak pencemaran lingkungan, melakukan penelitian lanjutan guna menganalisis kualitas etanol yang dihasilkan yaitu meliputi analisis densitas, viskositas dan nilai kalor. Rancangan modul pembelajaran dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam mendukung proses pembelajaran pada mata pelajaran Biologi pada konsep Bioteknologi Konvensional di SMA. Sebelum rancangan modul tersebut digunakan pada skala yang lebih luas disarankan agar dilakukan uji kelayakan dan efektifitas pada skala terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah N., Albaarri A.N., Mulyani S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Alkohol, pH dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nenas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 1 (2): 72-77.
- Andi Prastowo. 2014. *Pengembangan Bahan Ajar Tematik Tinjauan Teoretis dan Praktik*. Kencana PRANADAMEDIA Group. Jakarta
- Ari Diana Susanti, Puspito Teguh Prakoso dan Hari Prabawa. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nenas Melalui Hidrolisis dengan Asam. *Jurnal EKUILIBRIUM* (12): 11-16.
- Elevri dan Putra. 2006. Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang. *Jurnal Akta Kamindo* 1 (2): 105-114.
- Evi Suryawati, Husein Arief dan Yustini Yusuf. 2011. *Pengembangan Program Pembelajaran Biologi*. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hafidatul Hasanah, Akyunul Jannah dan Ghanaim Fasya. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol Tapai Singkong (*Manihot utilissima*). *Jurnal Alchemy* (2) 1: 68-79.
- Karlina Simbolon. 2008. Pengaruh Persentasi Ragi Tapai dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Tapai Ubi Jalar. Skripsi tidak dipublikasikan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kumalasari. 2011. Pengaruh Susu Inkubasi Terhadap Kadar Etanol Hasil Fermentasi Kulit dan bonggol Nenas (*Ananas sativus*). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang

- Kunaepah. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Kktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. Tesis. UNDIP. Semarang
- 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
- Prametha dan Legowo. 2013. Pemanfaatan Susu Kadaluwarsa dengan Fortifikasi Kulit Nenas untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 2 (1): 30-35.
- Roosdiana Muin, Dwi Lestari dan Tri Wulan Sari. 2014. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Biji Alpukat. *Jurnal Teknik Kimia* 20 (4): 1-7.
- Rosdiana Moeksin, Melly A., dan Septyana A.P. 2015. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 2 (21): 1-7.
- Sally Mardani, Elvi Yenie dan Sri Rezeki Muria. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nenas (*Ananas comosus L.*) Menggunakan Enzim Selulase dan Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia Universitas Riau*.
- Voulda D. Loupatty. 2014. Pemanfaatan Bioetanol sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah. *E-Jurnal Balai Riset dan Standarisasi Industri Ambon* 10 (2): 50-59.
- Weny Andriani. 2015. Kajian Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tapai Ketan Hitam (*Oryza sativa-glutinosa*) sebagai Pengembangan Lembar Kerja Siswa pada Konsep Bioteknologi Konvensional Kelas XII SMA. Skripsi tidak dipublikasikan. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.