

THE USE OF COCONUT COIR AND MANGROVE WOOD IN THE MANUFACTURE OF BRIQUETTES AS A MODULE DESIGN ON HIGH SCHOOL BIOTECHNOLOGY MATERIALS

Nurahma Dini¹, Imam Mahadi², Zulfarina³

Email: nurrahmadhini1@gmail.com, imam.mahadi@lecture.unri.ac.id, zulfarin@yahoo.co.id

Phone: +6281277821386

*Biology Education Study Program
Pmipa Fkip Department
University Of Riau*

Abstract: *This study aims to determine the composition of the mixture of coconut coir and mangrove wood with the best variation of briquette pressure and produce a learning module design on high school biotechnology class XII material. This research was conducted at the Biology Education Laboratory of FKIP, Production Laboratory, and Energy Conversion in Mechanical Engineering, Riau University. This research lasted for 3 months starting from March - May 2019. This research was conducted in 2 stages: the first stage: the experiment of utilizing coconut fiber and mangrove wood in briquette making and the second stage: the design of biotechnology learning modules in high school. This study used an experimental method with a factorial completely randomized design of 5 x 3 consisting of 5 types of treatment in the composition of coconut coir and mangrove wood composition and 3 types of treatment on briquette pressures with 3 replications each. The parameters measured in this study are water content, ash content and heating value. The results of this study produced the briquettes with the best combination found in the A3B3 treatment, namely the composition of 25% coconut fiber and 75% mangrove wood with the use of briquette pressure of 150 kg / cm³. Based on the analysis of the potential of the research results can be used as a module design learning materials biotechnology class XII high school.*

Key Words: *Coconut coir, mangrove wood, briquettes, briquette pressure, module*

PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN KAYU BAKAU (*Rhizophora sp.*) DALAM PEMBUATAN BRIKET SEBAGAI RANCANGAN MODUL PADA MATERI BIOTEKNOLOGI SMA

Nurahma Dini¹, Imam Mahadi², Zulfarina³

Email: nurrahmadhini1@gmail.com, imam.mahadi@lecture.unri.ac.id , zulfarin@yahoo.co.id
Phone: +628127781386

Program Studi Pendidikan Biologi
Jurusan Pmpa Biologi
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran sabut kelapa dan kayu bakau dengan variasi tekanan briket yang paling baik dan menghasilkan rancangan modul pembelajaran pada materi Bioteknologi Kelas XII SMA. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP, Laboratorium Produksi, dan Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Riau. Penelitian ini berlangsung selama 3 bulan yang dimulai dari bulan Maret – Mei 2019. Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pertama: eksperimen pemanfaatan sabut kelapa dan kayu bakau dalam pembuatan briket dan tahap kedua: rancangan modul pembelajaran bioteknologi di SMA. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 5 x 3 yang terdiri dari 5 macam perlakuan pada perbandingan komposisi sabut kelapa dan kayu bakau dan 3 macam perlakuan pada pemberian tekanan briket dengan masing-masing 3 kali ulangan. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu kadar air, kadar abu dan nilai kalor. Hasil penelitian ini menghasilkan briket dengan kombinasi terbaik terdapat pada perlakuan A3B3 yaitu komposisi sabut kelapa 25% dan kayu bakau 75% dengan penggunaan tekanan briket sebesar 150 kg/cm³. Berdasarkan analisis potensi hasil penelitian dapat dijadikan sebagai rancangan modul pembelajaran materi bioteknologi kelas XII SMA.

Kata Kunci: *Sabut Kelapa, Kayu Bakau, Briket, Tekanan Briket, Modul.*

PENDAHULUAN

Sabut kelapa merupakan komponen terbesar yang terdapat pada bagian buah kelapa. Menurut L. Suhardiyono (1988), menyatakan bahwa satu buah kelapa dapat diperoleh rata-rata 0,4 kg sabut dengan kandungan seratnya sebanyak 35%. Keberadaan sabut kelapa sering ditemukan menjadi limbah yang tidak ada manfaat bagi perusahaan penjualan buah kelapa dan tidak dipergunakan oleh masyarakat. Hasil jumlah produksi kelapa pada tahun 2016 dapat mencapai 2.890.735 (Direktur Jenderal perkebunan, 2017). Dari hasil jumlah produksi yang tergolong cukup tinggi ini dapat dipastikan bahwa tingginya limbah sabut kelapa, sehingga diperlukannya pengelolaan limbah sabut kelapa menjadi produk yang dapat dimanfaatkan. Menurut Maulia Shofiyah Hanum (2015), menyatakan bahwa sabut kelapa memiliki kandungan senyawa kimia yang cukup tinggi yaitu selulosa (26,6%), hemiselulosa (27,7%), lignin (29,4%) dan memiliki karakteristik yang mudah terbakar sehingga dapat dijadikan suatu inovasi pembuatan sumber energi alternatif.

Tingginya produksi buah kelapa yang disertai dengan adanya sabut kelapa juga di ikuti keberadaan pertumbuhan tanaman bakau yang mudah ditemui pada wilayah pesisir pantai. Menurut Yus Rusila Noor, dkk, (2012) menyatakan bahwa, Indonesia memiliki areal luas pertumbuhan tanaman bakau sebesar 3.500.000 juta hektar. Menurut Yan Pieter Theo (2010), menyatakan bahwa habitat dari tanaman bakau yang ada disekitar pantai memiliki fungsi ganda strategis yang dapat dikembangkan untuk konservasi pantai dan dimanfaatkan pada bidang ekonomi. Kayu bakau memiliki kandungan senyawa kimia selulosa sebesar (46,50%), lignin (28,80%) dan pentosan (18,10%) (Tjutju Nurhayati Syahri, 1988). Adanya keberadaan tanaman ini kayu bakau sering dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dijadikan bahan bakar, sesuai dengan referensi yang mengemukakan kandungan selulosa tanaman bakau yang tinggi sehingga dapat mudah terbakar dan menghasilkan nilai panas yang baik.

Limbah sabut kelapa dan kayu bakau merupakan biomassa yang dapat ditemukan dilingkungan sekitar. Biomassa adalah energi yang dapat diperbarui yang dapat dijadikan bahan bakar padat, cair atau gas (Sinta Rismayani dan Achmad Sjaifudin T, 2011). Biomassa dapat dijadikan sumber energi (bahan bakar) dengan memanfaatkan bahan organik disekitar alam seperti limbah dan tumbuhan yang berpotensi dalam pembuatan biomassa sehingga memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan dalam penggunaannya karena berasal dari bahan organik. Pembuatan sumber energi dengan menggunakan biomassa salah satunya adalah briket. Briket merupakan sumber energi alternatif atau bahan bakar padat yang telah mengalami proses kompaksi dengan bentuk dan ukuran tertentu yang tersusun dari butiran halus dari bahan yang mengandung karbon tinggi (Achmad Sjaifudin T dan Doni Sugiyana, 2016).

Berdasarkan permasalahan diatas pengelolaan limbah sabut kelapa dapat diatasi dengan memanfaatkannya untuk dijadikan bahan bakar alternatif berupa briket dengan dikombinasi suatu potensi pertumbuhan tanaman bakau. Sehingga permasalahan limbah sabut kelapa yang dapat ditemukan dilingkungan sekitar dapat teratasi dan memanfaatkan suatu potensi lokal pertumbuhan tanaman bakau dapat dikelola dengan baik menghasilkan suatu produk sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomis

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 32 tahun 2013 yaitu tentang potensi dan keunikan lokal suatu daerah harus dapat dikembangkan maka hasil dari penelitian ini akan dirancang menjadi modul pembelajaran tentang informasi tata cara pembuatan

briket untuk bahan bakar alternatif sebagai materi kelas XII yaitu bioteknologi dan sub materi tentang penerapan bioteknologi konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP, Laboratorium Produksi, dan Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Riau. Penelitian ini berlangsung selama 3 bulan yang dimulai dari bulan Maret – Mei 2019. Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pertama: eksperimen pemanfaatan sabut kelapa dan kayu bakau dalam pembuatan briket dan tahap kedua: rancangan modul pembelajaran bioteknologi di SMA. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaleng cat bekas, alat pencetak briket dengan ukuran diameter 3 cm dan tinggi 4,5 cm serta alat press dengan daya tekan 100 kg/cm^3 , 125 kg/cm^3 dan 150 kg/cm^3 , bomb calorimeter, timbangan analitik, crucible porcelain, ayakan 60 mesh, kompor, wajan, lumping dan alu, oven, *muffle furnace*, pisau, sendok, koran, plastik sampel, wajan dan kompor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka, air, sabut kelapa dan kayu bakau. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 5×3 yang terdiri dari 5 macam perlakuan pada perbandingan komposisi serbuk arang sabut kelapa dan serbuk arang kayu bakau dan 3 macam perlakuan pada pemberian tekanan briket dengan masing-masing 3 kali ulangan.

Data yang diperoleh dari hasil eksperimen dilakukan analisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA). Apabila hasil sidik ragam menunjukkan F hitung lebih besar daripada F tabel maka dilakukan uji lanjut *duncan's multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%. Setelah diketahui uji beda nyata pada data dari hasil eksperimen maka dilakukan rancangan pengembangan modul pembelajaran pada materi bioteknologi kelas XII SMA yang meliputi 3 tahap yaitu tahap analisis, desain dan pengembangan modul pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis varians, penggunaan berbagai macam perbandingan berat serbuk arang sabut kelapa dan serbuk arang kayu bakau serta pemberian variasi tekanan briket memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar air yang dihasilkan. Rerata nilai kadar air briket campuran sabut kelapa dan kayu bakau dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 merupakan hasil uji lanjut DMRT pada taraf 5%, masing-masing perlakuan menunjukkan beda nyata terhadap perlakuan lainnya.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada perlakuan A4B3 yaitu 5,6 % dan kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan A0B1. Sedangkan pada briket dengan campuran sabut kelapa dan kayu bakau terdapat pada perlakuan A3B3 dan yang tertinggi pada A1B1. Untuk perlakuan A3B3, A4B1, A4B2 dan A4B3 menghasilkan nilai kadar air yang telah sesuai syarat mutu baku Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan batas maksimal 8%. Rendahnya kadar air disebabkan karena kualitas dari penggunaan bahan baku. Perbedaan antara nilai kadar air pada setiap perlakuan dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan karena adanya perbedaan

sifat fisik kedua jenis bahan, campuran komposisi dari bahan baku yang digunakan dan adanya perbedaan kemampuan menyerap dan mengeluarkan air (sifat hidroskopis dari briket) terhadap lingkungan sekitar sehingga tercapai kadar air dapat seimbang.

Tabel 1. Rerata Nilai Kadar Air Briket Campuran Sabut Kelapa dan Kayu Bakau dengan Komposisi dan Tekanan Briket yang Berbeda.

Perlakuan	Rerata kadar air (%)
A0B1 (A0: Sabut kelapa 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	15,3 g
A0B2 (A0: Sabut kelapa 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	14,5 fg
A0B3 (A0: Sabut kelapa 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	12,9 e
A1B1 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	13,9 f
A1B2 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	11,9 e
A1B3 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	10,1 d
A2B1 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	12,8 e
A2B2 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	12,1 e
A2B3 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	10,0 d
A3B1 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	9,2 cd
A3B2 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	8,5 c
A3B3 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	7,1 b
A4B1 (A4: Kayu bakau 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	5,8 a
A4B2 (A4: Kayu bakau 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	5,7 a
A4B3 (A4: Kayu bakau 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	5,6 a

Kayu bakau memiliki struktur yang keras karena kandungan zat ekstraktif yang lebih besar sehingga diikuti dengan dinding sel yang tebal dan zat kayu yang padat. Struktur yang keras dari kayu bakau ini lah yang menjadikan kayu bakau memiliki kandungan air yang sangat sedikit. Penggunaan bahan baku dari sabut kelapa menghasilkan kadar air briket yang tinggi karena kandungan air yang dimiliki sabut kelapa cukup tinggi. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Maulia Shofiyah Hanum (2015), bahwa sabut kelapa memiliki kandungan air sebesar 8%. Tidak hanya kandungan airnya yang cukup tinggi, sabut kelapa juga dapat menyerap air yang cukup banyak sehingga apabila didapati sabut kelapa yang sangat basah harus membutuhkan

waktu yang cukup lama agar memaksimalkan pengurangan kandungan air didalamnya. Penjemuran sabut kelapa selama 3 hari ternyata masih belum maksimal dalam mengurangi kadar air yang ada pada sabut kelapa. Hal ini dapat disimpulkan bahwa apabila komposisi kayu bakau lebih dominan dari sabut kelapa maka kadar air dari briket lebih rendah, sedangkan apabila komposisi sabut kelapa lebih dominan dari kayu bakau maka kadar air pada briket akan semakin tinggi.

Tidak hanya penggunaan bahan baku yang dapat mempengaruhi kualitas kadar air briket namun pemberian tekanan briket yang berbeda-beda juga dapat mempengaruhi kualitas kadar air briket. Sesuai dengan pernyataan Fatriani (2006), bahwa kadar air suatu briket dapat menurun dengan tekanan kempa yang tinggi diduga karena semakin tinggi tekanan yang diberikan maka dapat mengakibatkan air keluar dalam jumlah yang lebih banyak dan berlangsung cepat sehingga mampu menurunkan kadar air briket arang. Sedangkan pemberian tekanan yang rendah mengakibatkan kadar air yang tinggi, hal ini disebabkan partikel-partikel dari bahan tersebut tidak menyatu dan rapat dengan baik sehingga briket pada perlakuan ini lebih mudah menyerap air pada saat keadaan lingkungan yang lembab dan pada proses pengepresan yang lebih rendah tidak terlalu banyak mengeluarkan massa jenis briket tersebut.

Berbeda dengan sabut kelapa, adanya kandungan lignin yang dimiliki kayu bakau berpengaruh dalam pembentukan arang tanpa menghasilkan abu yang banyak pada proses karbonisasi. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Tjutju Nurhayati Syahri (1988), bahwa kandungan kimia yang telah diuji pada kayu bakau menghasilkan 1% abu. Dengan persentase abu yang dimiliki kayu bakau masih dikatakan baik dan termasuk kategori rendah. Struktur keras yang dimiliki kayu bakau inilah yang membuat proses karbonisasi menghasilkan arang yang baik karena pemberian panas dengan api yang terbakar cukup lambat merambat ke semua kayu bakau sehingga menghasilkan sedikit kadar abu.

Selain penggunaan bahan baku yang mempengaruhi kadar abu briket, pemberian tekanan yang semakin tinggi dapat menurunkan kadar abu pada briket. Hal ini disebabkan pada saat proses pengepresan briket dengan tekanan yang tinggi dapat merapatkan pori-pori briket dan lebih menyatu sehingga mempengaruhi volume briket yang diperoleh semakin berkurang. Sedangkan penggunaan tekanan yang lebih rendah dapat meningkatkan kadar abu briket, Hal ini dikarenakan proses pengepresan dengan tekanan kempa yang rendah menjadikan briket yang dicetak tidak menyatukan pori-pori partikel dengan baik sehingga volume pada briket lebih meningkat dibandingkan tekanan briket yang lebih besar.

Tabel 2. Rerata Nilai Kadar Abu Briket Campuran Sabut Kelapa dan Kayu Bakau dengan Komposisi dan Tekanan Briket yang Berbeda

Perlakuan	Rerata kadar abu (%)
A0B1 (A0: Sabut kelapa 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	33,3 o
A0B2 (A0: Sabut kelapa 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	31,3 n
A0B3 (A0: Sabut kelapa 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	30,2 m
A1B1 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	28,5 l
A1B2 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	26,3 k
A1B3 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	24,5 j
A2B1 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	22,1 i
A2B2 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	20,1 h
A2B3 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	18,6 g
A3B1 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	16,4 f
A3B2 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	14,1 e
A3B3 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	12,1 d
A4B1 (A4: Kayu bakau 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	10,2 c
A4B2 (A4: Kayu bakau 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	8,4 b
A4B3 (A4: Kayu bakau 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	6,3 a

Berdasarkan hasil analisis varians, penggunaan berbagai macam perbandingan berat serbuk arang sabut kelapa dan serbuk arang kayu bakau serta pemberian variasi tekanan briket memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Rerata nilai kalor briket campuran sabut kelapa dan kayu bakau dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel 3 merupakan hasil uji lanjut DMRT pada taraf 5%, masing-masing perlakuan menunjukkan beda nyata terhadap perlakuan lainnya.

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kalor terendah terdapat pada perlakuan A0B1 yaitu 2203,3 cal/g dan kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan A4B3. Sedangkan pada briket dengan campuran sabut kelapa dan kayu bakau terdapat pada perlakuan A3B3 dan yang tertinggi pada A1B1. Untuk perlakuan A3B1, A3B2, A3B3, A4B1, A4B2 dan A4B3 menghasilkan nilai kalor yang telah sesuai syarat mutu baku Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan batas maksimal 5000 cal/g. Perbedaan nilai kalor briket campuran sabut kelapa dan kayu bakau disebabkan karena faktor dan sifat fisik dari penggunaan bahan baku.

Sabut kelapa merupakan serat-serat yang memiliki sifat yang mudah terbakar karena memiliki komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin yang cukup tinggi. Namun, kandungan selulosa pada sabut kelapa masih dikategori rendah dan mengakibatkan rendahnya karbon terikat yang dapat mempengaruhi nilai kalor pada briket. Sabut kelapa memiliki kandungan abu yang tinggi dan sifatnya mudah terbakar sehingga kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin teroksidasi pada saat proses pengarangan. Selain abu, sabut kelapa memiliki kandungan air yang tinggi sehingga pengujian uji kalor pada perlakuan ini menghasilkan nilai kalor yang rendah karena pengaruh jumlah abu dan air yang tinggi. Jumlah kandungan selulosa yang ada pada sabut kelapa juga mempengaruhi nilai kalor pada briket. Kandungan selulosa yang rendah dapat menurunkan karbon terikat yang mempengaruhi nilai kalor pada briket.

Kayu bakau memiliki struktur yang keras karena adanya zat kayu atau lignin yang membuat dinding selnya tebal. Struktur yang keras mempengaruhi proses pengarangan pada kayu bakau lebih baik dan menghasilkan sedikit kadar abu dan kadar air. Selain itu, kandungan selulosa yang tinggi pada kayu bakau dapat meningkatkan tingginya karbon terikat yang mempengaruhi tingginya nilai kalor yang didapat. Hal ini dapat disimpulkan bahwa apabila komposisi kayu bakau lebih dominan dari sabut kelapa maka nilai kalor briket lebih tinggi, sedangkan apabila komposisi sabut kelapa lebih dominan dari kayu bakau maka nilai kalor pada briket akan semakin menurun.

Pemberian tekanan briket juga dapat mempengaruhi nilai kalor yang didapat. Pemberian tekanan kempa yang semakin tinggi mempengaruhi nilai kalor pada setiap perlakuan karena struktur briket yang lebih menyatu dan rapat sehingga membuat briket pada tekanan yang lebih tinggi dan lebih padat sehingga proses penguapan pada uji kalor lebih merata dan penguapan yang dihasilkan pada tekanan yang lebih tinggi mengalami penguapan kadar air briket yang lebih tinggi. Sedangkan pada tekanan briket yang rendah menghasilkan nilai kalor yang rendah disebabkan briket yang dibentuk tidak keras dan tidak padat sehingga nilai kalor pada briket rendah akibat dari pori-pori partikel lebih renggang dan tidak rapat dibandingkan pemberian tekanan briket yang lebih besar.

Tabel 3. Rerata Nilai Kalor Briket Campuran Sabut Kelapa dan Kayu Bakau dengan Komposisi dan Tekanan Briket yang Berbeda

Perlakuan	Rerata nilai kalor (cal/g)	
A0B1 (A0: Sabut kelapa 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	2203,3	a
A0B2 (A0: Sabut kelapa 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	2349,7	b
A0B3 (A0: Sabut kelapa 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	2557,3	c
A1B1 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	3463,1	d
A1B2 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	3643,6	e
A1B3 (A1: Sabut kelapa 75% + Kayu bakau 25%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	3847,0	f
A2B1 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	4363,1	g
A2B2 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%,	4557,3	h

B2: Tekanan 125 kg/cm ³)		
A2B3 (A2: Sabut kelapa 50% + Kayu bakau 50%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	4749,8	i
A3B1 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	5252,3	j
A3B2 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	5331,7	k
A3B3 (A3: Sabut kelapa 25% + Kayu bakau 75%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	5516,8	l
A4B1 (A4: Kayu bakau 100%, B1: Tekanan 100 kg/cm ³)	6063,5	m
A4B2 (A4: Kayu bakau 100%, B2: Tekanan 125 kg/cm ³)	6128,5	n
A4B3 (A4: Kayu bakau 100%, B3: Tekanan 150 kg/cm ³)	6323,8	o

1. Analisis (*Analyze*)

Berdasarkan hasil analisis kurikulum dan materi yang telah dilakukan dan disesuaikan dengan kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa kompetensi dasar (KD) pada materi Biologi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Kurikulum dan Materi Biologi Berdasarkan Topik Pembahasan Hasil Penelitian

	Data Hasil Penelitian	Materi	Kompetensi Dasar	Kelas	Potensi Pengayaan
1.	Dampak limbah organik dan anorganik bagi lingkungan	Daur Ulang Limbah	3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab dan dampaknya bagi lingkungan	X	Modul
2.	Daur ulang limbah organik yang belum dimanfaatkan secara maksimal	Daur Ulang Limbah	4.11 Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi dilingkungan sekitar	X	Modul
3.	Pemanfaatan limbah tanaman untuk dijadikan sebuah produk	Produk Bioteknologi Konvensional	3.10 Menganalisis prinsip-prinsip bioteknologi dan	XII	Modul

	yang berguna bagi kehidupan	1		penerapannya sebagai upaya peningkatan kesejahteraan manusia		
4.	Penerapan konsep bioteknologi terhadap pemanfaatan limbah tanaman untuk dijadikan bahan bakar alternatif yaitu briket	Produk Bioteknologi i Konvensional	4.10	Menyajikan laporan hasil percobaan penerapan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional berdasarkan <i>scientific method</i>	XII	Modul

2. Desain (*design*)

Pada tahap desain akan dilakukan 2 tahap yaitu, perancangan perangkat pembelajaran dan pembuatan desain modul yang akan dijelaskan sebagai berikut.

Pembagian rincian pertemuan pada materi bioteknologi dan kegiatan pelaksanaan pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rincian Pertemuan Pada Materi Bioteknologi Dan Kegiatan Pelaksanaan Pembelajaran Pada Perangkat Pembelajaran.

Pertemuan	Materi	Kegiatan
I	Pengertian, prinsip dasar, dan jenis-jenis bioteknologi	Ceramah diskusi, tanya jawab, mengamati video, mempelajari modul, mengerjakan tugas dan <i>post test</i>
II	Penerapan Bioteknologi	Ceramah diskusi, tanya jawab, mengamati video, mempelajari modul, mengerjakan tugas secara berkelompok, presentasi dan <i>post test</i>
III	Pemanfaatan sabut kelapa dan kayu bakau dalam pembuatan briket	Ceramah, diskusi, tanya jawab, mempelajari modul, eksperimen, presentasi dan <i>post test</i>
IV	Parameter kualitas briket sabut kelapa dan kayu bakau	Ceramah, diskusi, tanya jawab, mempelajari modul, presentasi dan <i>post test</i>
V	Dampak bioteknologi	Ceramah diskusi, tanya jawab, mengamati video/gambar, mempelajari modul, mengerjakan tugas secara berkelompok, presentasi dan <i>post test</i>
VI		UH

Indikator pencapaian kompetensi yang dicapai harus sesuai dengan hasil penelitian pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Kesesuaian Antara Data Hasil Penelitian Pemanfaatan Sabut Kelapa Dan Kayu Bakau Dalam Pembuatan Briket dengan Indikator Pencapaian Kompetensi.

No	Data Hasil Penelitian	Indikator Pencapaian Kompetensi
1	Eksperimen pemanfaatan sabut kelapa dan kayu bakau dalam pembuatan briket	<p>Peserta didik mampu memahami yang dimaksud dengan bahan bakar alternative</p> <p>Peserta didik mampu mengemukakan apa itu briket dan bagaimana proses pembuatannya</p> <p>Peserta didik mampu menjelaskan mengenai limbah sabut kelapa dan kayu bakau</p> <p>Peserta didik mampu menegaskan setiap tahapan dan tujuan dari pembuatan briket</p> <p>Peserta didik mampu membuat briket dari sabut kelapa dan kayu bakau</p>
2	Analisis parameter briket (kadar air, kadar abu, nilai kalor, kerapatan dan keteguhan tekan)	<p>Peserta didik mampu menjelaskan parameter yang diukur sebagai kualitas briket</p> <p>Peserta didik mampu menyimpulkan kualitas briket berdasarkan data</p> <p>Peserta didik mampu mengambil data dan menganalisis kualitas briket dari sabut kelapa dan kayu bakau</p>

Desain Modul Pembelajaran yang dirancang mengikuti format modul dari Depdiknas (2008) sehingga adapun format rancangan modul yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

3. Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini dilakukan pengembangan struktur isi modul pembelajaran yang memuat isi materi bioteknologi dengan tambahan penjelasan di dalamnya tentang bahan bakar alternatif yaitu briket yang dijelaskan pada sub materi penerapan bioteknologi dan pengelolaannya dimana struktur isi yang terdapat didalam modul pembelajaran mengacu pada format yang telah dirancang pada tahap *design*. Berikut ini gambar cover, uraian materi dan bagian rangkuman serta tes formatif.



Gambar 1. Bagian Cover, Peta Konsep dan Uraian Materi pada Modul Pembelajaran

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa briket dengan kombinasi terbaik terdapat pada perlakuan A3B3 yaitu komposisi sabut kelapa 25% dan kayu bakau 75% dengan penggunaan tekanan briket sebesar 150 kg/cm³ merupakan perlakuan terbaik berdasarkan kualitas briket yang di ukur yaitu kadar air, kadar abu dan nilai kalor. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan modul pembelajaran pada materi Bioteknologi kelas XII SMA.

Rekomendasi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diharapkan untuk dapat melanjutkan penelitian ini dengan parameter yang lain seperti kadar zat terbang dan uji pembakaran briket secara langsung ataupun menggunakan bahan baku lain sesuai potensi daerah yang dapat dijadikan briket dengan variasi tekanan yang berbeda dari yang sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini menghasilkan bahan ajar berupa rancangan modul pembelajaran pada mata pelajaran biologi terkhusus pada materi bioteknologi. Diharapkan dapat dilanjutkan pada tahap Pengembangan (validasi), Implementasi dan Evaluasi sesuai dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Sjaifudin T dan Doni Sugiyana. 2016. Sintesis Dan Peningkatan Performa Bahan Bakar Briket Dari Limbah Abu Dasar Batubara Dan Limbah Sabut Kelapa Di Industri Tekstil. *Arena Tekstil* 31(1): 43-50
- Depertemen Pendidikan Nasional. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2016-2018. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan dan Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Fatriani. 2006. Kualitas Briket Arang Dari Campuran Kayu Bakau (*Rhizophora Macronata* Lamck) Dan Api-Api (*Avicennia Marina* Vlerk) Pada Berbagai Tekanan. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. 18: (62-70).
- L. Suhardiyono. 1988. *Tanaman Kelapa Budidaya dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Maulia Shofiyah Hanum. 2015. Eksplorasi Limbah Sabut Kelapa (Studi Kasus : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis). *e-Proceeding of Art & Design* 2(2): 930-938.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32. 2013. Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 Tentang Standar Nasional Pendidikan (Online).<http://kelembagaan.ristekdikti.go.id/wpcontent/uploads/2016/08/PP0322013.pdf>. (diakses 08 Oktober 2018).

Sinta Rismayani dan Achmad Sjaifudin T. 2011. Pembuatan Bio-Briket Dari Limbah Sabut Kelapa Dan Bottom Ash. *Arena Tekstil* 26(1): 1-60

Tjutju Nurhayati Syahri. 1988. Analisis Kimia 75 Jenis Kayu Dari Beberapa Lokasi Di Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 5(1): 6-1

Yan Pieter Theo. 2010. Sifat Fisika Dan Dimensi Serat Dua Jenis Kayu Bakau Pada Berbagai Posisi. *Jurnal Hutan Tropis*. 11(30): 90-98

Yus Rusila Noor, M. Khazali dan I N.N. Suryadiputra. 2012. Panduan Pengenalan Mangrove Di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogor.