

PRODUKSI BIOETANOL DARI BUAH BEBERAPA JENIS MANGROVE DI PAPUA

BIOETHANOL PRODUCTION OF FRUIT FROM SEVERAL SPECIES OF MANGROVE IN PAPUA

Wilson P. Aman^{1)*}, Gino N. Cepeda¹⁾, Mathelda K. Roreng¹⁾, Susilowati²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua
 Jl. Gunung Salju Amban Manokwari-Papua Barat 98314
 Email: w.palelingan@unipa.ac.id

²⁾Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengertahuan Alam, Universitas Papua

Makalah: Diterima 12 September 2018; Diperbaiki 7 Februari 2019; Disetujui 20 Februari 2019

ABSTRACT

Mangrove plant has played important role in Papua, both to support the health of ecosystem and the livelihood of its community. As of now, there is only limited knowledge on the utilization of mangroves in Papua. Several varieties in Papua are known to contain carbohydrate and cellulose that can be used to produce food or bioethanol. This study aimed to examine the production of bioethanol using dry grinding and wet grinding methods. The varieties of mangroves used in this research were *Rhizophora mucronata* Lmk., *Rhizophora stylosa* Griff., and *Bruguiera gymnorhiza*. The content of bioethanol as well as the shape and dimension of these varieties were measured in this study. The shape of the mangroves fruit was cylindrical. The mass averages of these mangroves were 180.80 g, 40.39 g and 37.62 g, respectively. The length of the mangrove fruits were 72.33 cm, 41.00 cm and 23.33 cm respectively. The result of the research showed that the best method to produce bioethanol from mangrove fruit was the dry grinding method which resulting in average bioethanol content 6% v/m. *Rhizophora stylosa* Griff produced the highest bioethanol content, 9.26% v/m, using the dry grinding method and 7.14% with the wet grinding method.

Keywords: mangrove fruits, bioethanol, dry grinding, wet grinding

ABSTRAK

Tumbuhan Mangrove memegang peranan penting di Papua, baik sebagai penunjang kesehatan ekosistem maupun lingkungan hidup masyarakat sekitar. Hingga saat ini, informasi tentang pemanfaatan mangrove di Papua sangat terbatas. Beberapa jenis buah mangrove di Papua diketahui mengandung karbohidrat dan selulosa yang dapat diproduksi sebagai bahan pangan dan bioetanol. Karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian produksi bioetanol dari buah mangrove dengan metode *Dry Grinding* dan *Wet Grinding*. Jenis mangrove yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rhizophora mucronata* Lmk., *Rhizophora stylosa* Griff., dan *Bruguiera gymnorhiza*. Parameter yang ditentukan dalam penelitian ini adalah kandungan bioetanol, bentuk dan ukuran buah mangrove. Bentuk dari buah mangrove adalah silindris, dengan massa rata-rata berturut-turut berdasarkan jenis sebesar 180,0 g, 40,39 g dan 37,62 g. Panjang rata-rata buah berturut-turut sebesar 72,33 cm, 41,00 cm dan 23,33 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode produksi bioetanol terbaik dari buah mangrove adalah metode *Dry Grinding*, yang menghasilkan rata-rata kandungan bioetanol dari ketiga jenis mangrove sebesar 6% v/m. Berdasarkan jenis mangrove, *Rhizophora stylosa* Griff menghasilkan kandungan bioetanol tertinggi sebesar 9,26% v/m dengan metode *Dry Grinding* dan 7,14% v/m dengan metode *Wet Grinding*.

Kata kunci : buah mangrove, bioetanol, *dry grinding*, *wet grinding*

PENDAHULUAN

Kekayaan sumberdaya alam hayati Indonesia seharusnya dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif (bioenergi) untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi dari fosil seperti minyak bumi. Penggunaan bahan bakar fosil mengakibatkan berbagai permasalahan lingkungan dan juga tidak efektif dan ekonomis. Selain itu, sumber bahan bakar fosil juga terus mengalami penurunan. Isu krisis energi merupakan tantangan besar dalam dunia teknologi moderen (Shah dan Rehan, 2014).

Beberapa negara di dunia telah menjadi contoh keberhasilan pemanfaatan potensi bioenergi. Antara lain seperti Swedia, menggunakan biomassa sebesar 16% dari keseluruhan persediaan energi. Di Finlandia, sebesar 19% dari keseluruhan persediaan energi negara berasal dari biomassa, dan di Brasil, sebesar 27% dari energi yang mereka gunakan berasal dari biomassa, dan separuh di antaranya berasal dari gula tebu, termasuk untuk produksi tahunan bioetanol sebanyak 10 juta m³ yang digunakan pada sektor transportasi (Boddey *et al.*, 2008). Bioenergi merupakan bahan bakar yang tidak menghasilkan polusi, tersedia secara lokal, dapat

*Penulis Korespondensi

diakses dan dapat diandalkan yang diperoleh dari sumberdaya terbarukan (Vasudeva *et al.*, 2005).

Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan baku biomassa: seperti tebu sebagai sumber sukrosa, biji jagung sebagai sumber tepung-tepungan, dan biomassa penghasil lignoselulosa (Verardi *et al.*, 2012; Demirbas, 2009). Fermentasi bahan mentah berbasis gula disebut sebagai “generasi pertama” bioetanol, sementara pemanfaatan bahan mentah lignoselulosa umumnya dikenal sebagai “generasi kedua” bioetanol. Bioetanol “Generasi ketiga” berasal dari alga yang hingga saat ini masih dalam tahap penelitian (Nwosu-Obieogu *et al.*, 2016; Sims *et al.*, 2008; Naik *et al.*, 2010).

Potensi bioetanol dapat berasal dari hutan yang merupakan bagian terbesar dari wilayah daratan Provinsi Papua dan Papua Barat. Selama ini sagu merupakan komoditi unggulan hutan Papua yang dianggap potensial menjadi bahan baku pembuatan bioetanol. Permasalahannya adalah sagu merupakan sumber pangan karbohidrat utama bagi masyarakat Papua selain beras, sehingga dapat mengakibatkan benturan kepentingan antara sagu sebagai pangan atau energi. Salah satu komoditi hasil hutan Papua yang dapat dipertimbangkan menjadi sumber energi alternatif adalah tumbuhan mangrove. Berdasarkan peta tutupan lahan yang dibuat oleh BAPLAN-DEPHUT dan disampaikan oleh Noor *et al.* (2006), memperkirakan hutan mangrove di Indonesia pada tahun 2003 adalah seluas 3,163 juta Ha. Dari luasan tersebut, 1,622 juta atau sebesar 51,28% terdapat di hutan Papua dan Papua Barat, yang terdiri dari 142 jenis. Salah satu jenis mangrove yang buahnya diketahui mengandung karbohidrat adalah jenis *Bruguiera gymnorhiza* L., yang oleh masyarakat Papua dikenal dengan nama *Aibon* atau dikenal juga dengan nama buah Lindur (Sarungallo dan Santoso, 2007; Helmy *et al.*, 2012). Karena kandungan karbohidrat tersebut, maka jenis mangrove ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber bioetanol.

Pemanfaatan jenis mangrove selain *Bruguiera gymnorhiza* L. (*Aibon*) di Papua, selama ini hanya sebagai bahan kayu bakar, bangunan, atau obat-obatan. Belum ditemukan laporan mengenai pemanfaatan buah beberapa jenis mangrove lain sebagai sumber karbohidrat. Oleh karena itu penelitian eksplorasi dan kajian terhadap buah berbagai jenis mangrove lain di beberapa daerah tumbuh mangrove di Papua penting. Tujuan utama yang akan dicapai melalui penelitian ini adalah mendapatkan jenis tumbuhan mangrove lain selain *Bruguiera gymnorhiza* L. yang mengandung karbohidrat dan melakukan kajian terhadap potensi mangrove sebagai sumber karbohidrat dan sebagai energi terbarukan berupa bioetanol.

Kajian terhadap beberapa jenis mangrove tersebut diharapkan dapat diperoleh informasi komposisi buah. Informasi tersebut kemudian menjadi dasar untuk mengetahui potensi buah baik

sebagai sumber karbohidrat maupun potensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol sebagai sumber energi alternatif. Metode pengolahan bioetanol dari mangrove juga menjadi bahan kajian dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk mendapatkan metode produksi bioetanol yang terbaik di antara metode-metode yang digunakan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: karakterisasi jenis buah mangrove, penyiapan bahan baku, analisis fisikokimia, dan pembuatan bioetanol.

Karakterisasi Jenis Buah Mangrove

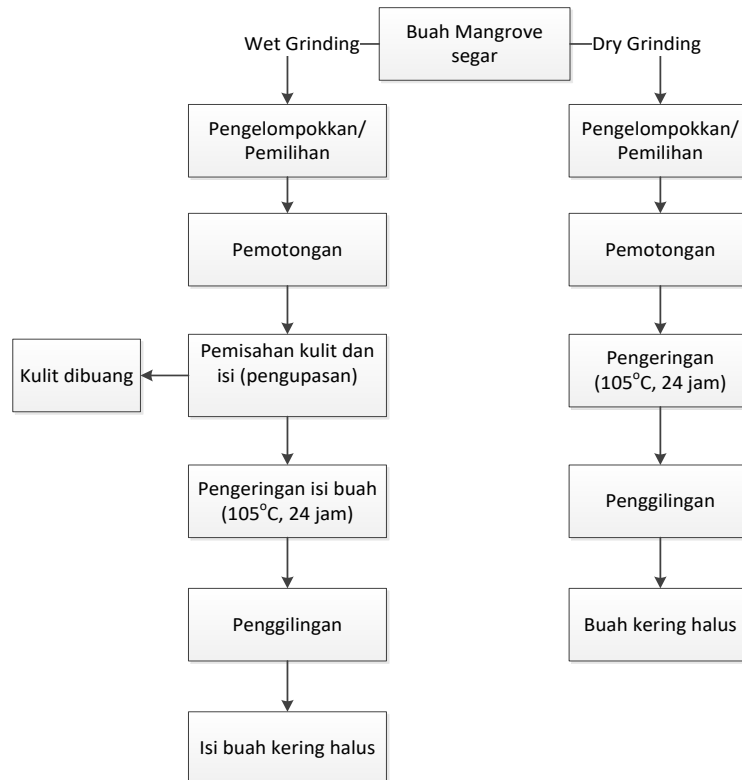
Buah mangrove yang digunakan sebanyak 3 jenis yang diperoleh dari Kabupaten Supiori Provinsi Papua. Pemilihan jenis buah ini dilakukan secara acak dengan mempertimbangkan ketersediaan di hutan sekitar pemukiman masyarakat, kemudahan mendapatkannya dan pengetahuan masyarakat.

Penentuan ketiga jenis Mangrove yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada karakter fisik buah (bentuk dan ukuran) yang digunakan, yang dibandingkan dengan literatur hasil identifikasi Noor *et al.* (2006) dan Tokede *et al.* (2007). Proses karakterisasi ini, menggunakan berbagai alat ukur seperti timbangan, meteran dan mikrometer.

Penyiapan Bahan Baku

Penyiapan bahan baku buah mangrove untuk pembuatan bioetanol dilakukan dengan 2 metode yaitu metode *dry grinding* dan *wet grinding* (Brown, 2007). Perbedaan kedua metode tersebut terdapat pada awal proses. Metode *wet grinding* melalui proses pemisahan kulit dan isi, sedangkan metode *Dry Grinding* tanpa melalui proses pemisahan kulit dan isi buah. Gambar 1 menyajikan perbedaan tahapan penyiapan bahan baku menggunakan kedua metode.

Pengolahan bahan baku dilakukan secara *Wet Grinding* dan *Dry Grinding* (Gambar 1). Kedua metode ini merupakan cara penyiapan secara mekanis bahan baku yang mengandung pati untuk tahapan proses pembuatan bioetanol selanjutnya. Kedua metode ini telah berhasil digunakan untuk beberapa jenis bahan baku yang mengandung pati seperti biji jagung dan gandum (Brown, 2007). Tahapan penyiapan bahan baku dimulai dari penyiapan buah segar sampai bahan baku kering halus yang akan diproses selanjutnya. Cara pengolahan *wet grinding* dilakukan melalui proses pemisahan kulit dan isi buah (hipokotil), sementara pengolahan dengan cara *Dry Grinding* tanpa melalui proses pemisahan kulit dan isi buah. Pada pengolahan dengan metode *wet grinding*, pemisahan isi dengan kulit buah mangrove diawali dengan pemotongan dan pengupasan kulit masing-masing jenis buah mangrove.



Gambar 1. Proses penyiapan bahan baku buah mangrove menggunakan metode *dry grinding* dan *wet grinding*

Pemotongan buah dimaksudkan untuk memudahkan proses pemisahan kulit dengan isi buah mangrove, sedangkan dengan metode *dry grinding*, bahan baku buah mangrove dipotong-potong sekitar 3-4 cm untuk selanjutnya langsung dikeringkan di dalam oven tanpa pemisahan kulit.

Tahapan penyiapan bahan baku selanjutnya untuk kedua tahapan proses adalah pengeringan menggunakan oven pada suhu 105°C, selama kurang lebih 28 jam. Untuk metode *wet grinding*, hanya isi buah yang akan dikeringkan, sedangkan kulit buah dibuang. Proses akhir dari penyiapan bahan baku adalah penghalusan bahan dengan penggilingan. Bahan yang halus kemudian yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam proses likuifikasi. Penghalusan dimaksudkan untuk memudahkan terjadinya proses fermentasi.

Analisis Sifat Fisikokimia

Analisis sifat fisikokimia dilakukan untuk mengetahui komposisi fisikokimia buah mangrove yang digunakan. Manfaat dari analisis sifat fisikokimia ini adalah untuk mendapatkan informasi dasar yang digunakan untuk melakukan pendugaan potensi buah mangrove sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Selain itu juga berguna untuk penentuan metode dan bahan baku yang paling sesuai dalam pembuatan bioetanol dari buah mangrove. Karakteristik fisikokimia buah mangrove yang dianalisis adalah komponen proksimat, karbohidrat total, kadar pati, total gula, amilosa, amilopektin, serat pangan larut (kandungan

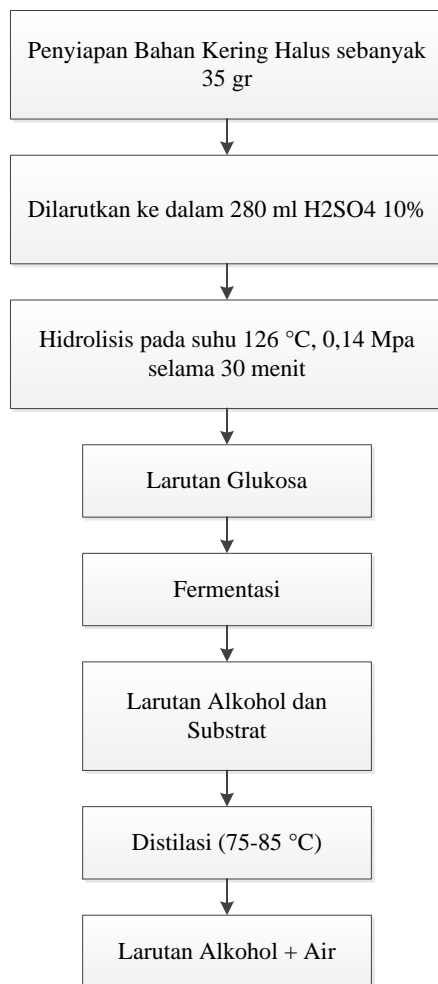
karbohidrat) dan serat pangan tidak larut (selulosa dan hemiselulosa).

Analisis proksimat merupakan suatu analisis yang dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang ada pada suatu bahan. Komponen proksimat bahan yang dianalisis terdiri atas: air, abu, serat kasar, lemak kasar, protein kasar dan karbohidrat. Kadar air dianalisis dengan menggunakan metode oven (AOAC, 2005), kadar abu dengan menggunakan tanur (AOAC, 2005), protein dengan menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2005) dan lemak dengan menggunakan metode sokhlet (AOAC 2005). Serat pangan larut dan serat pangan tidak larut dianalisis secara enzimatik gravimetri (AOAC *Official Methods* 991.42; 993.19). Analisis terhadap bahan dilakukan masing-masing sebanyak dua kali ulangan.

Produksi Bioetanol dari Buah Mangrove

Bioetanol diproduksi dari buah mangrove kering yang diolah dengan metode *Dry Grinding* dan *Wet Grinding*. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengetahui perbedaan rendemen bioetanol dari bahan baku buah mangrove yang diolah dengan kedua metode tersebut. Tahapan produksi bioetanol dilakukan dalam 3 tahapan utama yaitu sakarifikasi, fermentasi dan distilasi. Proses sakarifikasi dalam penelitian ini dilakukan melalui hidrolisis dengan asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi 10%. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengubah pati atau serat pangan tidak larut menjadi glukosa. Tahapan selanjutnya adalah proses fermentasi

menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengubah glukosa hasil hidrolisis asam menjadi etanol. Tahapan terakhir adalah distilasi pada suhu 75-80°C, yang bertujuan untuk memisahkan bioetanol dari larutan alkohol dan substrat. Proses ini memanfaatkan perbedaan titik didih dari etanol yaitu sekitar 78,4°C (Rutz dan Jansen, 2008). Tahapan produksi bioetanol menggunakan asam mengikuti bagan alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan proses produksi bioetanol buah mangrove dengan asam sulfat

Bahan berasal dari tiga jenis buah mangrove dari dua metode perlakuan (*dry grinding* dan *wet grinding*) yang telah dikeringkan dan digiling sampai halus, masing-masing sebanyak 35 g. Bahan tersebut dilarutkan ke dalam larutan H₂SO₄ 10% sebanyak 280 mL. Hasil pencampuran antara bahan dan asam sulfat kemudian dihidrolisis dengan *autoclave* pada suhu berkisar 126°C, tekanan 0,14 MPa selama 30 menit. Setelah proses hidrolisis asam, dilakukan penetralan menggunakan larutan NaOH. Hasil hidrolisis kemudian difermentasi selama 5 hari pada suhu ruang menggunakan *Shaker Inkubator* untuk menghasilkan proses pengadukan

yang konstan dan kontinyu selama fermentasi. Lamanya proses fermentasi didasarkan pada hasil perlakuan terbaik dari penelitian Helmy *et al.* (2012) pada fermentasi asam terhadap buah Lindur (*Bruguiera gymnorizha*).

Hasil fermentasi buah mangrove selanjutnya melalui tahap pemisahan etanol dari larutan alkohol dan substrat dengan cara distilasi. Distilasi dilakukan pada kisaran suhu pemanasan 75-80°C dengan menggunakan media pendingin air. Melalui proses distilasi diperoleh bioetanol dengan rendemen yang berbeda-beda untuk setiap jenis dan perlakuan. Perbedaan rendemen hasil penelitian dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain metode dan kandungan dari bahan yang digunakan. Rendemen bioetanol yang dihasilkan dari tahapan ini berasal dari 6 perlakuan (kombinasi dari 2 metode penyiapan bahan baku dan 3 jenis buah).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan karakteristik buah (panjang dan diameter) dan tampilan secara fisiologis diketahui bahwa jenis mangrove yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rhizophora mucronata* L., *Rhizophora stylosa* Griff., dan *Bruguiera gymnorizha*.

Hasil identifikasi berdasarkan hipokotil dari ketiga jenis tanaman mangrove yang digunakan tersaji melalui Tabel 1. Penentuan ketiga jenis mangrove yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada bentuk dan ukuran buah (hipokotil) yang digunakan. Hasil identifikasi hipokotil tanaman dibandingkan dengan hasil identifikasi Noor *et al.* (2006) dan Tokede *et al.* (2007).





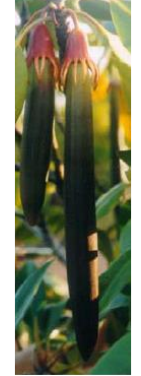

Karakteristik Bahan Baku Buah Mangrove

Hasil analisis sifat fisikokimia buah mangrove yang digunakan dalam penelitian ini disajikan melalui Tabel 2 sampai dengan Tabel 4. Selain menjadi dasar untuk memahami proses produksi bioetanol dari buah mangrove, informasi dari sifat fisikokimia dapat menjadi dasar untuk melihat peluang pemanfaatan lain dari buah mangrove. Hasil analisis dibedakan berdasarkan perbedaan proses penyiapan bahan baku.

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 2), rata-rata total karbohidrat buah Mangrove jenis *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa* Griff dan *Bruguiera gymnorizha* (L.) berturut-turut sebesar 36,57 g/100 g, 40,94 g/100 g dan 41,84 g/100 g. Berdasarkan metode penyiapan bahan baku, *Wet Grinding* menghasilkan total karbohidrat lebih tinggi untuk semua jenis buah.

Kandungan total karbohidrat yang lebih tinggi tidak selalu menunjukkan bahwabioetanol yang dihasilkan akan lebih tinggi. Faktor lain yang menentukan adalah komposisi karbohidrat bahan seperti seperti serat, total gula, pati, kadar amilosa dan amilopektin.

Tabel 1. Hasil identifikasi jenis buah Mangrove yang digunakan

No	Jenis	Data Sekunder*		Data Primer (Hasil Penelitian)	
		Deskripsi Buah	Gambar	Deskripsi Buah	Gambar
1	<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk. (Kaypoa/ Bakau Hitam)	Hipokotil berbentuk silindris, kasar dan berbintil. Panjang hipokotil 36-70 cm, diameter 2-3 cm.		Hipokotil berbentuk silindris, kasar dan berbintil. Panjang hipokotil 56-74 cm, diameter 2-3 cm.	
2	<i>Rhizophora stylosa</i> Griff. (Kaypoa/ Slindur, Bakau)	Hipokotil berbentuk silindris, agak halus dan berbintil. Panjang hipokotil 20-35 cm (kadang mencapai 50 cm), diameter 1,5-2,0 cm.		Hipokotil berbentuk silindris, agak halus dan berbintil. Panjang hipokotil 22-41 cm, diameter 1,5-2,0 cm.	
3	<i>Bruguiera gymnorrizha</i> (L.) Lamk. (Aibon, Arow/ Lindur)	Hipokotil lurus, tumpul dan berwarna hijau keunguan. Panjang hipokotil 12-30 cm, diameter 1,5-2 cm.		Hipokotil lurus, tumpul dan berwarna hijau keunguan. Panjang hipokotil 15-24 cm, diameter 1,5-2 cm.	

*Sumber Data Sekunder : Noor et al., 2006; Tokede dan Gandhi, 2007

Tabel 2. Komposisi karbohidrat buah Mangrove

Jenis Mangrove	Proses Penyiapan	Komposisi Karbohidrat (g/100g)					
		Total Karbohidrat	Serat Kasar	Total Gula	Pati	Kadar Amilosa	Kadar Amilopektin
<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.	Wet Grinding	37,99	30,23	6,40	34,19	13,17	21,02
<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.	Dry Grinding	35,15	33,39	5,28	31,63	12,19	19,44
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	Wet Grinding	45,15	20,09	5,61	40,63	21,90	18,74
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	Dry Grinding	36,73	26,70	5,90	33,05	20,26	12,80
<i>Bruguiera gymnorrizha</i> (L.)	Wet Grinding	45,22	6,70	5,68	40,70	11,60	29,10
<i>Bruguiera gymnorrizha</i> (L.)	Dry Grinding	38,46	23,55	5,56	34,62	13,48	21,14

Komposisi karbohidrat buah antar ketiga jenis mangrove juga menunjukkan perbedaan berdasarkan metode penyiapan bahan baku. Rata-rata kandungan serat kasar tertinggi pada jenis *Rhizophora mucronata*, yaitu sebesar 31,81 g/100 g dan terendah jenis *Bruguiera gymnorizha*, sebesar 15,13 g/100 g. Pada perlakuan secara *Wet Grinding*, diperoleh hasil serat kasar dari jenis *Bruguiera gymnorizha* (L.) Lamk. yang jauh lebih rendah dari lainnya (6,70 g/100g). Hal tersebut diduga karena komponen pati yang dipisahkan dengan metode *Wet Grinding* mengandung serat yang jumlahnya sangat sedikit. Kandungan total gula untuk ketiga jenis relatif sama dengan perbedaan kurang dari 0,1g/100 g. Rata-rata kandungan pati tertinggi adalah jenis *Bruguiera gymnorizha* sebesar 37,66 g/100 g dan *Rhizophora stylosa* sebesar 36,84 g/100 g, dimana perbedaan keduanya kurang dari 1 g/100 g. Kadar amilosa rata-rata tertinggi adalah jenis *Rhizophora stylosa* yaitu sebesar 21,08 g/100 g, sedangkan kedua jenis lainnya relatif sama dengan kisaran 12 g/100 g. Rata-rata kandungan amilopektin tertinggi pada jenis *Bruguiera gymnorizha*, yaitu sebesar 25,12 g/100 g dan terendah pada jenis *Rhizophora stylosa*, yaitu sebesar 15,77 g/100 g. Komposisi yang berbeda disampaikan oleh Sarungallo dan Santoso (2007) yang melaporkan bahwa buah Aibon (*Bruguiera gymnorizha*) mengandung protein 3,88 g/100 g, lemak 0,851 g/100 g, abu 1,24 g/100 g, serta karbohidrat sebesar 94,03 g/100 g, dengan kadar pati 67,75 g/100 g, total gula 4,56 g/100 g dan serat kasar 11,48 g/100 g.

Hasil analisis proksimat buah dari ketiga spesies tumbuhan mangrove menunjukkan perbedaan (Tabel 3). Jenis *Bruguiera gymnorizha* menunjukkan nilai rata-rata yang tertinggi untuk semua parameter analisis untuk kedua proses pengolahan yang berbeda. Rata-rata kandungan dari buah *Bruguiera gymnorizha* adalah kadar abu sebesar 3,26%, protein 4,27% dan lemak 1,39%. Berdasarkan metode proses pengolahan untuk spesies yang sama, menunjukkan adanya perbedaan nilai parameter hasil analisis dengan selisih di bawah 0,5% untuk semua parameter. Perbedaan nilai terbesar adalah kandungan protein yaitu sebesar 0,47%. Penelitian lain terhadap kandungan buah Lindur (*Bruguiera gymnorizha*) dilakukan oleh Sulistyawati *et al.* (2012) yang menghasilkan kandungan karbohidrat 90,419%, protein 5,013%, lemak 0,499% dan kadar abu 2,887%.

Salah satu metode pengelompokkan serat pangan adalah berdasarkan kelarutan dalam air. Berdasarkan kelarutan dalam air, serat pangan dapat diklasifikasikan ke dalam 2 kategori, yaitu serat pangan larut (terfermentasi dengan baik) dan tidak larut (tidak terfermentasi). Komponen-komponen serat pangan larut adalah: pektin, gum dan getah (mucilages), sedangkan komponen-komponen serat pangan tidak larut: selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Dhingra *et al.*, 2012). Komponen-komponen tersebut merupakan bahan penyusun utama struktur lignoselulosa. Komposisi lignoselulosa umumnya terdiri atas selulosa (35-50%), hemiselulosa (15-30%), pektin (2-5%) dan lignin (12-35%) (Kumar *et al.*, 2016).

Tabel 3. Hasil analisis proksimat buah Mangrove

Jenis Mangrove	Proses Pengolahan	Kandungan Air (% bb)	Abu (%)	Protein (%)	Lemak (%)
<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	1,65	2,48	2,83	0,43
	<i>Dry Grinding</i>	1,73	2,67	2,49	0,57
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	<i>Wet Grinding</i>	2,24	2,44	2,86	0,78
	<i>Dry Grinding</i>	1,59	1,68	2,63	1,51
<i>Bruguiera gymnorizha</i> (L.) Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	2,28	3,07	4,50	1,23

Tabel 4. Kandungan serat pangan buah Mangrove

Jenis Mangrove	Proses Pengolahan	Serat Pangan Larut (%)	Serat Pangan Tidak Larut (%)
<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	10,62	25,34
<i>Rhizophora mucronata</i> Lmk.	<i>Dry Grinding</i>	8,08	25,2
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	<i>Wet Grinding</i>	12,38	28,28
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	<i>Dry Grinding</i>	10,36	26,83
<i>Bruguiera gymnorizha</i> (L.) Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	11,13	22,19
<i>Bruguiera gymnorizha</i> (L.) Lamk.	<i>Dry Grinding</i>	14,13	20,48

Kisaran masing-masing komponen lignoselulosa dalam sisa atau bagian tanaman berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman (Sun dan Cheng, 2002; Tayyap *et al.*, 2018). Konversi lignoselulosa menjadi etanol menurut Kumar *et al.*, 2016, terdiri atas beberapa tahap, yaitu: 1) pengecilan ukuran biomassa, 2) perlakuan awal, 3) produksi enzim, 4) hidrolisis secara enzimatik, 5) fermentasi, dan 6) pemisahan etanol. Tabel 4 menunjukkan bahwa mangrove jenis *Bruguiera gymnorizha* mengandung komponen serat pangan terlarut paling tinggi rata-rata sebesar 12,63%. Sebaliknya, jenis yang mengandung komponen serat pangan tidak terlarut adalah *Rhizophora stylosa*, dengan rata-rata sebesar 27,56%.

Rendemen Bioetanol Buah Mangrove

Hasil pengukuran rendemen bioetanol dari 6 perlakuan dalam penelitian ini disajikan melalui Tabel 5. Berdasarkan hasil pengukuran (Tabel 5), rendemen tertinggi dihasilkan dari penggunaan metode *Dry Grinding* yaitu sebesar 9,28% dari buah mangrove jenis *Rhizophora stylosa*. Tingginya rendemen dari metode ini diduga karena adanya pengaruh dari komponen kulit buah yang mengandung serat yang dapat terhidrolisis menjadi glukosa. Mengingat buah mangrove jenis tersebut berasal dari hutan dan belum dimanfaatkan untuk keperluan lainnya, maka tumbuhan ini layak untuk dikembangkan. Namun demikian, dari aspek keekonomian masih perlu dilakukan kajian. Di Indonesia, industri etanol untuk bahan bakar umumnya menggunakan bahan baku ubi kayu dan molasses gula tebu (Aiman, 2014). Berdasarkan metode yang digunakan untuk ketiga jenis buah yang digunakan, *dry grinding* menghasilkan rendemen tertinggi. Sementara berdasarkan jenis buah, *Rhizophora stylosa* menghasilkan rendemen tertinggi. Jenis ini menghasilkan rendemen tertinggi untuk kedua metode ekstraksi yang digunakan dengan rata-rata 8,21%. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *Bruguiera gymnorizha*, yang selama ini telah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (pangan dan non pangan). Sementara jenis *Rhizophora mucronata* menghasilkan rendemen bioetanol yang sangat kecil, bahkan pada perlakuan dengan metode *wet grinding* tidak ditemukan adanya kandungan bioetanol. Hal tersebut diduga karena

komponen serat dari jenis *Rhizophora mucronata* didominasi oleh lignin yang adalah komponen kayu keras. Rendemen bioetanol dari buah mangrove jenis *Rhizophora stylosa* dan *Bruguiera gymnorizha* yang dihasilkan dari penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Helmy *et al.* (2012), dimana kandungan bioetanol tertinggi yang dihasilkan dari *Bruguiera gymnorizha* yang difermentasi selama 5 hari adalah sebesar 3,52%.

Sifat fisikokimia buah yang berpengaruh menentukan rendemen. Hal ini disebabkan karena dengan beberapa metode, bioetanol dapat diekstrak langsung dari beberapa komponen fisikokimia. Beberapa sifat yang berpengaruh antara lain serat kasar, total gula, kadar pati dan kandungan serat pangan. Kandungan serat kasar pada Tabel 2, menunjukkan bahwa jenis *Rhizophora mucronata*, mempunyai rata-rata kandungan serat kasar tertinggi yaitu sebesar 31,81%, kemudian diikuti oleh jenis *Rhizophora stylosa* (rata-rata 23,40%), dan kandungan terendah *Bruguiera gymnorizha* yaitu rata-rata sebesar 15,12%. Semakin tinggi kandungan serat kasar, maka semakin sulit untuk terhidrolisis oleh asam. Untuk jenis *Rhizophora mucronata*, kandungan ini yang diduga berperan besar menentukan rendahnya rendemen yang dihasilkan. Kandungan serat kasar jenis ini diduga merupakan liknoselulosa yang mengandung liknin yang tinggi sehingga dapat menjadi inhibitor dalam proses fermentasi.

Faktor lainnya adalah kandungan pati bahan. Kandungan pati antara jenis *Bruguiera gymnorizha* dan *Rhizophora stylosa* relatif sama dengan perbedaan rata-rata kurang dari 1%. Dengan demikian faktor tersebut dianggap tidak merupakan faktor penentu perbedaan rendemen yang dihasilkan. Perbedaan yang relatif besar yaitu kandungan pati jenis *Rhizophora mucronata*, mencapai 4% lebih rendah dari kedua jenis yang lain. Hasil analisis ini juga dapat mengindikasikan bahwa rendemen bioetanol dari jenis ini lebih rendah. Kandungan serat tidak larut (*lignoselulosa*) juga dinilai sebagai faktor yang berpengaruh terhadap rendemen bioetanol yang dihasilkan (Tabel 4).

Komponen lignoselulosa tertinggi dihasilkan dari buah mangrove varietas *Rhizophora stylosa*, yaitu sebesar rata-rata 27,56%.

Tabel 5. Hasil pengukuran rendemen bioetanol buah Mangrove

Jenis Mangrove	Metode	Jumlah (mL)	Rendemen (%)	Rata-Rata (%)
<i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	0	0,00	0,71
	<i>Dry Grinding</i>	0,50	1,43	
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	<i>Wet Grinding</i>	2,50	7,14	8,21
	<i>Dry Grinding</i>	3,25	9,28	
<i>Bruguiera gymnorizha</i> (L.) Lamk.	<i>Wet Grinding</i>	1,00	2,86	5,00
	<i>Dry Grinding</i>	2,50	7,14	

Komponen lignoselulosa dalam *Bruguiera gymnorhiza* dan *Rhizophora stylosa* diduga didominasi oleh selulosa dan hemiselulosa. Hal tersebut yang diperkirakan menjadi faktor penentu tingginya rendemen bioetanol yang dihasilkan keduanya. Kumar *et al.* (2016) menyampaikan bahwa selulosa dan hemiselulosa yang membuat lebih dari 50% dari total massa potensial dikonversi menjadi gula yang selanjutnya menghasilkan bioetanol. Kandungan lignoselulosa jenis *Rhizophora mucronata*, cukup tinggi yaitu rata-rata sebesar 25,25%. Namun komponen utama penyusunannya diperkirakan merupakan lignin yang menghambat proses hidrolisis (Tayyap *et al.*, 2018). Akibatnya rendemen etanol yang dihasilkan paling rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah mangrove jenis *Rhizophora stylosa* dan *Bruguiera gymnorhiza* cukup potensial sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Buah mangrove jenis *Rhizophora stylosa* dapat menjadi alternatif produksi bioetanol karena tidak dapat dikonsumsi sebagai bahan pangan. Selain itu pemanfaatan buah mangrove secara ekonomis akan mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat penebangan tanaman mangrove. Rendemen bioetanol tertinggi berdasarkan jenis buah mangrove, dihasilkan dari jenis *Rhizophora stylosa* yaitu rata-rata sebesar 8,21%. Berdasarkan perlakuan metode ekstraksi bahan baku, metode ekstraksi *Dry Grinding* menghasilkan rendemen bioetanol tertinggi untuk semua jenis buah yang digunakan. Rendemen tertinggi dihasilkan dari mangrove jenis *Rhizophora stylosa*, yaitu sebesar 9,28%.

Saran

Untuk mendapatkan metode produksi yang menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, perlu dilanjutkan dengan kajian produksi bioetanol dengan metode yang lain termasuk dengan berbagai perlakuan awal yang berbeda-beda. Analisis komposisi serat buah berdasarkan komponen penyusunnya (lignoselulosa) perlu dilakukan untuk mengonfirmasi hasil penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemristek Dikti) atas bantuan pendanaan melalui Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Aiman S. 2014. Perkembangan teknologi dan tantangan dalam riset bioetanol di Indonesia. JKTI 16 (2):108-117.

- AOAC [Association of Official Analytical Chemist]. 2005. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Arlington: The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Boddey MR, Soares LH, Alves BLJ, Urquiaga S. 2008. *Bioethanol Production In Brazil*. Di Dalam : Pimentel D (Ed). *Biofuel, Solar and Wind as Renewable Energy Systems*. Springer Science+Business Media BV.
- Brown CR. 2007. *Biofuel*. Di Dalam : Kreith R, Goswami YD (Ed.). *Handbook of Enegy Efficiency and Renewable Energy*. CRC Press: Taylor & Francis Group, Boca Raton FL.
- Demirbas A. 2009. *Green Energy and Technology: Biofuels*. London Limited: Springer-Verlag
- Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. 2012. Dietary fibre in foods: areview. *Journal Food Sci Technol*. 49(3):255–266.
- Helmy, Jacob AM, dan Subtjih P. 2012. Analisis jaringan tanaman lindur(*bruguiera gymnorhiza*) dan pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. *Bonorowo Wetlands*.2(2): 66-73.
- Kumar R, Tabatabei M, Karimi K, Horvath IS. 2016. Recent updates on lignocellulosic biomass derived ethanol – a review. *Biofuel Research Journal*. 9:347-356.
- Naik S, Goud VV, Rout PK, Dalai AK. 2010. Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. *renew. Sustainable Energy Rev*. 14(2):578-597.
- Noor RY, Khazali M, dan Suryadiputra INN. 2006. *Panduan Pengenaln Mangrove di Indonesia*. Bogor: Ditjen PHKH.
- Nwosu-Obieogu K, Chiemenem LI, dan Adekunle KF. 2016. Utilization of agricultural waste for bioethanol production – a review. *International Journal of Current Research and Review*. 8 (19):01-05.
- Rutz D dan Janssen R. 2008. *Biofuel Technology Handbook*. München Germany: WIP Renewable Energies.
- Sarungallo ZL dan Santoso B. 2007. Sifat fisik dan komposisi kimia buah aibon (*Bruguiera gymnorhiza* L.). pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Bionatura*. 9 (1):83-92.
- Shah N dan Rehan T. 2014. Bioethanol production from biomass. *Journal Chemistry and Biochemistry*. 2(2):161-167.
- Sims R, Taylor M, Saddler J, Mabee W. 2008. *From 1st-to 2nd-Generation Biofuel Technologies: an Overview of Current Industry and RD & D activities*. Paris, France: International Energy Agency.
- Sulistiyawati, Wignyanto, dan Kumalaningsih S. 2012. Produksi tepung buah lindur (*Bruguiera gynorrhiza* Lamk.) rendah tanin

- dan HCN sebagai bahan pangan alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(3):187-198.
- Sun Y dan Cheng J. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*. 83:1-11.
- Tayyap M, Noman A, Islam W, Waheed S, Arafat Y, Ali F, Zaynab M, Lin S, Zhang H, Lin W. 2018. Bioethanol production from lignocellulosic biomass by environment-friendly pretreatment methods: A Review. *Applied Ecology and Environmental Research*. 16 (1):225-249.
- Tokede MY dan Gandhi. 2007. Inventarisasi/ eksplorasi mangrove pada pesisir pantai waropen. Laporan Penelitian Fakultas Kehutanan Universitas Negeri Papua, Manokwari.
- Verardi A, De Bari I, Ricca E, Calabro V. 2012. Hydrolysis of lignocellulosic biomass: current status of processes and technologies and future perspectives, bioethanol, prof. marco aurelio pinheiro lima (Ed.), ISBN: 978-953-51-0008-9, InTech.
- Vasudeva P, Sharma S, dan Kumar A. 2005. Liquid fuel from biomass: An overview. *Journal Scientific & Industrial Research*. 64 (11):822-831.