

Hadi, S., Thamrin., Moersidik, S.S., Bahry, S
2013:7 (2)

**KARAKTERISTIK DAN POTENSI BIOETANOL DARI NIRA NIPAH
(*Nypa fruticans*) UNTUK PENERAPAN SKALA
TEKNOLOGI TEPAT GUNA**

Sopyan Hadi

Peneliti Badan Penelitian, Pengembangan dan Statistik Kabupaten Bengkalis

Thamrin

*Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru,
Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131. Telp 0761-23742.*

Setyo S. Moersidik

Dosen Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta

Syaiful Bahry

*Dosen Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau, Pekanbaru
Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131. Telp 0761-23742*

***Characteristics and Potential Bioethanol From Nira Nipah (*Nypa Fruticans*) Scale
Application For Appropriate Technology***

ABSTRACT

Implemetasi underdeveloped research for large-scale production of energy self-sufficient villages and confined in a laboratory scale. The presence of mangrove forests along the palm beach peissir Indonesia is a potential independent village granaries Energy (DME) to produce local non-fossil energy resources, namely bioethanol as an energy mix through the substitution of fossil fuels in order to add and save energy nationwide. Exploration of green energy production process Tempatan with scale appropriate technology is essential to know the characteristics and potential of bioethanol and fuel substitution products will be produced. The purpose of this study was to determine the characteristics of bioethanol from palm sap processing to scale the application of appropriate technology and the potential value of bioethanol FGE levels that would result in a 1 ha of mangrove forests nypa. Research using experimental and observational methodologies. Palm sap is used as the subject of this study is the result of tapping mangrove palm bunches done processing fermentation, distillation and dehydration. Data collected includes data 1). Characteristic, among others: fermentation, Kadar Alcohol Distillation and Dehydration results TTG Tools, Redemen Bioethanol, Nipah Bioethanol Quality Testing Specifications for Substitute Grade Fuel, Bioethanol Blending Testing FGE The substitution process to Fossil Fuels and Counting Bioethanol substitution needs to Biopremium octane FGE 92-95. And data 2). The potential value of Bioethanol and Biopremium Nipah. Furthermore, the data obtained and analyzed, if there is a significant difference followed by Duncan test at 5% significance level. The results showed the characteristics of bioethanol from palm sap processing to scale the

application of appropriate technology for fermentation derived average fermentation time is between 75.3 to 78 hours, or about 3 days, the average alcohol content of 81.3% obtained by distillation and 93% as much as 2 times the process and result of dehydration reached 100% for the first time, redemen bioethanol by 8.1%, or a ratio of 12 Litre fermenting juice: 1 Liter bioethanol FGE, quality testing specifications nypa fuel grade ethanol to substitute ethanol content nypa production equipment amounted to 99.56% TTG already qualified ISO standards, testing FGE in the bioethanol blending into fossil fuel substitution showed a homogeneous mixing and calculating FGE bioethanol substitution needs to biopremium 92 octane produces a ratio of 1% use 95-octane bioethanol to produce ratio of 2% use of bioethanol. Furthermore, the potential for the production of bioethanol from palm mangrove forest area of 1 ha with the highest value of 13179.43 liters / ha / year and the lowest value of 2744.17 liters / ha / year. Biopremium production potential for the substitution of 10% obtained the highest value and the lowest value of 137,298.50 658,971,50 Liter.

Keywords: bioethanol, nira nipah, technology

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya aktivitas masyarakat di sekitar bantaran sungai tentunya akan berpengaruh terhadap kualitas air sungai, karena limbah yang dihasilkan dari aktivitas masyarakat tersebut bila dibuang langsung ke perairan sungai bila melebihi kemampuan sungai untuk membersihkan diri sendiri (*self purification*), maka timbul permasalahan yang serius yaitu pencemaran perairan, sehingga berpengaruh negatif terhadap kehidupan biota perairan dan kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air sungai tersebut (Kasry, 2005).

Cadangan minyak indonesia diprediksi hanya cukup 10-15 tahun kedepan. Tingginya konsumsi energi dari bahan bakar fosil ditambah dengan meningkatnya impor bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan perkembangan ekonomi nasional menimbulkan krisis ekonomi dan energi. Penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak terhadap kerusakan lingkungan dengan tingginya emisi gas buang kendaraan yang berbahaya terhadap kesehatan. Dengan kondisi permasalahan tersebut dengan memperhatikan aspek ekonomi, lingkungan hidup, dan pemanfaatan sumber daya alam yang berlanjut ketersediannya maka perlu dieksplorasi penelitian dan pengembangan menggali sumber energi baru dan terbarukan (*new and renewable energy*) yang arahnya kepada energi biomassa yaitu bioetanol dari penyadapan nira hutan mangrove nipah sebagai potensi wilayah pesisir pantai.

Penyediaan produksi etanol untuk industri energi hijau atau biofuel saat ini masih didominasi dari bahan baku tanaman dengan pola *farming energy* yaitu berasal dari tanaman yang berfungsi ganda untuk kebutuhan industri pangan dan energi juga seperti tebu, jagung, singkong. Hanya sebagian kecil dari bukan komoditi tanaman pangan akan tetapi ditanam pada lahan potensial tanaman pangan serta dalam proses pemanenan juga memiliki tingkat kesulitan yang tinggi. Energi hijau berbasis *farming energy* atau sistem budidaya dimulai melalui beberapa pola tahapan yaitu diawali dengan pembersihan lahan, pengolahan tanah, pembibitan, persemaian, penanaman, pemanenan habis melalui cara potong ataupun cabut selanjutnya kembali ketahap proses semula. Sistem *farming energy* ini terus terjadi berulang-ulang setiap tahun dan musim tanam mengakibatkan degradasi terhadap kualitas humus

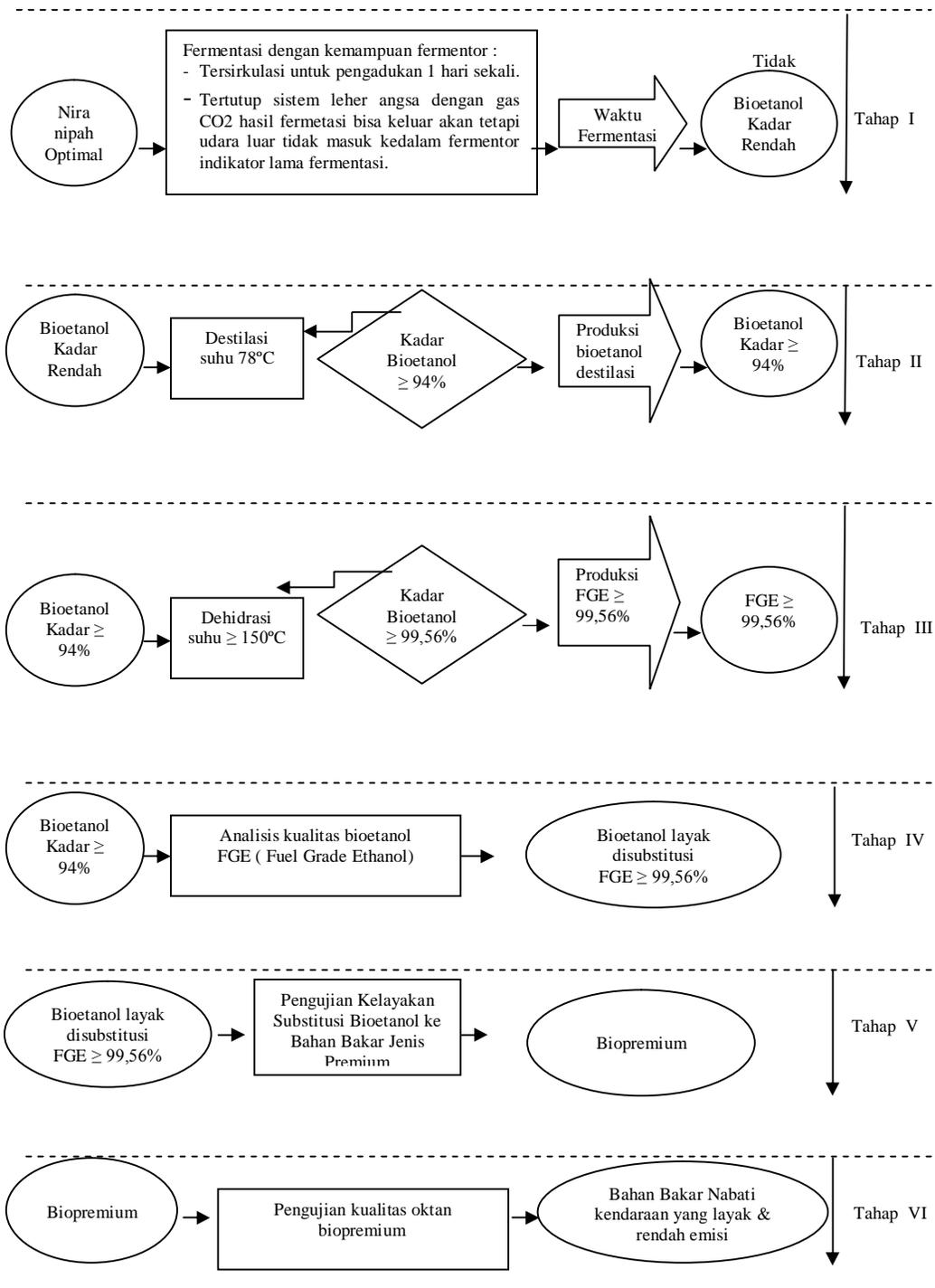
tanah. Sehingga berdampak pada masalah lingkungan yaitu dengan mengorbankan ekosistem alami kearah bentuk lain atau tujuan tertentu dari fungsi aslinya.

Sehingga muncullah konsep ide yaitu mencari solusi energi hijau yang serasi dengan lingkungan dengan tetap menjalankan fungsi lingkungannya yaitu ditinjau dari ketersediaan dan keberlanjutan sumber bahan baku ekosistem alami dengan tetap menjaga fungsi ekologisnya atau diistilahkan "**Eco-green Energi**". Hal ini tergambar dari potensi ekosistem hutan mangrove Indonesia yang memiliki pulau dan pantai dengan wilayah pesisir terluas di dunia. Ekosistem mangrove jenis Nipah dimungkinkan untuk dapat dijadikan sumber bahan baku energi hijau potensial berpola pengelolaan konservasi lingkungan dan bernilai ekonomis. Ekosistem hutan mangrove nipah memiliki fungsi sebagai proteksi kawasan pesisir pantai, penahan angin, gelombang dan tsunami, intrusi air asin, sumber oksigen, penyerap CO₂ dan *nursery ground* sekaligus memiliki nilai sebagai sumber bahan baku energi hijau bioetanol.

Tanaman nipah (*Nypa fruticans* Wurm) selama ini tumbuh liar di sekitar hutan mangrove di pesisir pantai maupun sungai. Tanaman Nipah tumbuh subur di hutan daerah pasang surut (hutan mangrove) dan daerah rawa-rawa atau muara-muara sungai yang berair payau. Di Indonesia luas daerah tanaman nipah adalah 10% dari luas daerah pasang surut sebesar 7 juta ha atau sekitar 700.000 ha. Penyebarannya meliputi wilayah Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku, dan Irian Jaya (Rachman, 1991), hasil hutan non kayu dari mangrove nipah berupa nira yaitu cairan manis hasil sadapan tandan dapat difermentasi menjadi bioetanol sebagai sumber energi hijau. Kelebihan nipah dibandingkan tanaman penghasil bioetanol yang lain antara lain tanaman nipah dapat memproduksi nira 20 ton/hektar atau 14.300 liter etanol per hektar dua kali lebih besar dibandingkan tebu (Smith, 2006). Kabupaten Bengkalis yang telah memulai pemanfaatan mangrove nipah untuk dijadikan bioethanol memiliki luas izin pemanfaatan hasil hutan non kayu yaitu 26 ha dari luas keseluruhan ±100 ha.

Kondisi saat ini penyadapan nipah masih dilakukan secara tradisional dengan luasan pemanfaatan yang terbatas melalui penyadapan yang masih menerapkan cara- cara kearifan lokal antara lain tandan yang dipilih untuk disadap dilakukan proses nyanyian, perlakuan berupa pengurutan dan pemukulan diseluruh bagian tandan dengan periode waktu tergantung keadaan. Nilai-nilai kearifan lokal tersebut perlu dilakukan eksplorasi berupa uji coba teknik yang dioptimalkan agar dihasilkan teknologi yang tepat dan sebagai standar prosedur pemanenan nira nipah agar dihasilkan produktivitas yang optimal. Produktivitas yang optimal dilihat dari jumlah bahan baku yang tersedia dan kontinue setiap waktu. Indikator yang dilihat volume nira yang dihasilkan per tandan sadapan, kadar gula (*brix*) dan lama pemanenan nira hasil sadapan.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Stasiun Riset Bahan Bakar Nabati Balitbangtik Kabupaten Bengkalis. Penelitian dimulai awal tahun 2011 sampai 2013. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi nira nipah hasil penyadapan. Sedangkan peralatan yang digunakan merupakan rancangan alat peneliti sendiri antara lain fermentor 10 drum putih transparan vol 100 L dengan sistem sirkulasi tertutup, destilator skala teknologi tepat guna kapasitas tangki pemasak 100 Liter sebanyak 3 unit, dehidrator skala teknologi tepat guna kapasitas tangki pemasak 100 Liter sebanyak 3 unit, alkoholmeter (0-100), piknometer, gelas ukur dan timbangan digital.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pengumpulan data menggunakan observasi langsung yang dilakukan melalui 8 tahapan sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Tahap pertama adalah proses ujicoba fermentasi, tahap kedua proses ujicoba destilasi, tahap ketiga proses dehidrasi, tahap keempat analisis kualitas bioetanol, tahap kelima pengujian kelayakan substitusi bioetanol ke bahan bakar jenis Premium dan tahap ketujuh pengujian kualitas oktan biopremium.

Variabel yang diamati a). Karakteristik Nira Nipah (*Nypa fruticans*) Sebagai Bahan Baku bioetanol Skala Teknologi Tepat Guna dan b) Nilai Potensi Bioetanol dan Biopremium Nipah. Untuk Karakteristik Nira Nipah (*Nypa fruticans*) Sebagai Bahan Baku bioetanol Skala Teknologi Tepat Guna yang terdiri dari :

1. Lama fermentasi.

Setiap pemanen nira nipah 1 (satu), dilakukan pengukuran kadar gula menggunakan alat ukur Brix meter (Refraktometer). Selanjutnya dilakukan proses fermentasi nira nipah dengan kondisi anaerob yang selanjutnya 25 % dari volume nira panen dipanaskan hingga 40°C. Nira tersebut dicampurkan dengan bahan suplemen dan komposisi yang digunakan untuk fermentasi, terdiri dari pupuk urea 7 gr, ragi roti jenis (*Saccharomyces cerevisiae*) 2 gr dan pupuk NPK 1 gr yang telah dihaluskan. Menurut Okugbo, *et al* (2012) untuk proses fermentasi nira nipah palm selanjutnya ditambahkan ragi ke dalam larutan sangat kaya gula (Sukrosa), yang kemudian dipanaskan. Ragi mengandung enzim yang disebut invertase, yang bertindak sebagai katalisator dan membantu untuk mengkonversi sukrosa gula menjadi glukosa dan fruktosa (C₆H₁₂O₆). Para gula fruktosa dan glukosa kemudian bereaksi dengan yang lain enzim yang disebut zymase, yang juga terkandung dalam ragi untuk memproduksi etanol dan karbondioksida. Proses fermentasi membutuhkan waktu sekitar tiga hari untuk menyelesaikan dan dilakukan pada suhu antara 25 ° C dan 30 ° C.

Langkah selanjutnya dilakukan pengadukan sekitar 5–10 menit hingga berbuih. Penggabungan dengan nira sisa panen yaitu sekitar volume 75 % pada wadah fermentor. Alat tangki fermentor yang digunakan juga dilengkapi sistem sirkulasi tertutup agar dapat dilakukan pengadukan nira dan bahan penunjang fermentasi sehingga merata penyebarannya keseluruhan ruang tangki fermentor, hal diatas dilakukan setiap hari. Proses ini menggunakan alat fermentor drum 100 liter yang dilengkapi dengan metoda sistem selang angsa. Selang angsa merupakan sistem pembuangan gas CO₂ berupa gelembung gas yang dihasilkan pada proses fermentasi. Fermentasi selang angsa meniadakan pengaruh luar atau udara luar tidak masuk ke dalam wadah fermentor, akan tetapi gas-gas yang dihasilkan dalam fermentor dapat dikeluarkan. Berlangsungnya proses fermentasi dilihat secara visual dengan diawali

munculnya gelembung udara pada fermentor sistem kontrol leher angsa yang merupakan hasil reaksi produksi bersamaan etanol dan hasil sampingan gas CO². Sehingga lama fermentasi di tandai dengan naiknya temperatur dinding tangki fermentor yaitu terasa hangat dan munculnya gelembung udara sebagai tanda waktu awal fermentasi (F0) dan berhentinya gelembung udara sebagai tanda akhir fermentasi (Ft).

2. Kadar Alkohol Hasil Destilasi dan Dehidrasi Alat TTG

Alat yang digunakan untuk mengukur kadar alkohol hasil destilasi dan dehidrasi alat TTG adalah alkoholmeter. Pengukuran kadar bioetanol dilakukan pada tahap III yaitu selesai proses destilasi dan tahap IV pada saat selesai proses dehidrasi. Pada proses destilasi pengukuran dibatasi sampai kadar bioetanol mencapai $\geq 94\%$, sedangkan untuk proses dehidrasi sampai kadar bioetanol $\geq 99,56\%$. Langkah-langkah pengukuran menggunakan alkoholmeter (Feryanto, 2007) adalah memasukkan destilat sebanyak 100 ml ke dalam gelas ukur, kemudian alkoholmeter dicelupkan ke dalam destilat. Batas yang tercelup pada permukaan destilat menunjukkan kadar alkohol pada sampel yang diuji. Selanjutnya untuk pengukuran bioetanol hasil proses dehidrasi dilakukan sama seperti cara diatas.

3. Rendemen Bioetanol

Untuk mengukur tingkat rendemen bioetanol yang berkadar FGE (Fuel Grade Ethanol) yaitu kadar bioetanol yang telah disubstitusikan ke bahan bakar fosil. Maka dihitung dari hasil pengukuran volume bioetanol yang diperoleh dari hasil proses dehidrasi dibagi dengan volume bahan baku fermentasi awal. Perhitungan menurut (Suastini, 1994) :

$$\text{Rendemen \%} = \frac{\text{Volume Produk Akhir}}{\text{Volume Produk Awal}} \times 10 \quad (1)$$

4. Pengujian Kualitas Bioetanol Nipah Spesifikasi Fuel Grade Untuk Substitusi

Pengujian kualitas bioetanol dilakukan di Laboratorium PT. Sucofindo yaitu terdiri dari pengukuran komposisi kimia bioetanol FGE di laboratorium meliputi nilai appearance, etanol content, Acidity as Acetic Acid, Density, Heavy Metal Pb, Water Content, Acetaldehyde, Metanol, Fe, Na, Cu, Fusel Oil (2-propanol, 1-propanol, 2-buthanol, Iso-Buthanol, 1-Buthanol, Iso-amyalkohol).

5. Pengujian Pencampuran Bioetanol FGE Pada Proses Substitusi ke Bahan Bakar Fosil

Pengujian kelayakan substitusi bioetanol ke bahan bakar fosil yaitu untuk jenis minyak premium. Dilakukan dengan cara memasukkan bahan bakar fosil jenis premium ke dalam gelas ukur sebanyak 250 ml yang selanjutnya dititrasi secara perlahan menggunakan bioetanol sambil diaduk sebanyak 250 ml. Jika sampai volume titrasi bioetanol akhir dihasilkan percampuran yang homogen yaitu tidak munculnya batas atau pemisah antara minyak premium dengan bioetanol maka substitusi dinyatakan berhasil. Akan tetapi jika terlihat adanya pemisahan antara minyak premium dengan bioetanol maka bioetanol yang dihasilkan belum dikategorikan layak disubstitusikan.

6. Penghitungan Kebutuhan Substitusi Bioetanol FGE ke Biopremium beroktan 92 dan 95

Bahan bakar substitusi yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan jenis premium sebanyak 500 ml, dengan tingkat oktan masing-masing sampel yaitu 88,2 dan 89,0 serta 89,1 menggunakan alat ukur oktan Termex. Sedangkan bioetanol yang digunakan dari bahan baku nipah yang memiliki kadar 99,96% (Fuel Grade Etanol). Produk yang dihasilkan dari percobaan ini adalah Biopremium dengan kadar oktan 92 dan 95. Jumlah kebutuhan bioetanol dalam substitusi ke premium menggunakan cara titrasi.

Pengujian dilakukan dengan menghitung perbandingan jumlah premium sebanyak 500 ml yang ditirasi dengan bioetanol FGE nipah agar dicapai 2 jenis kualitas oktan yaitu kadar oktan 92 dan 95. Pengukuran oktan dilakukan menggunakan alat ukur oktan portable merk Termex. Terlebih dahulu akan diuji ukuran oktan premium awal dan selanjutnya dilakukan pengukuran pada bahan bakar biopremium. Volume bahan premium disamakan dalam volume 500 ml, selanjutnya dipersiapkan alat titrasi yang berisi bioetanol kadar FGE 99,56 % dari nipah. Hasil volume titrasi yang terpakai dicatat pada batas kadar oktan premium yang tercampur dengan bioetanol yaitu mencapai yaitu kadar oktan Pertamina oktan 92 dan Pertamina Plus oktan 95.

Untuk Nilai Potensi Bioetanol dan Biopremium Nipah yang terdiri dari data dan informasi kuantitatif dari karakteristik nira nipah (*Nypa fruticans*) akan disajikan dalam bentuk tabulasi untuk mengklasifikasi data dan mempermudah analisis data serta pengolahan data penghitungan nilai potensi bioetanol dan biopremium nipah. Data dan informasi kuantitatif disajikan dalam bentuk tabulasi untuk mengklasifikasi data dan mempermudah analisis data serta pengolahan data yang menggunakan software Microsoft Excel dan program SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari karakteristik nira nipah (*Nypa fruticans*) sebagai bahan baku bioetanol skala teknologi tepat guna, terdiri dari :

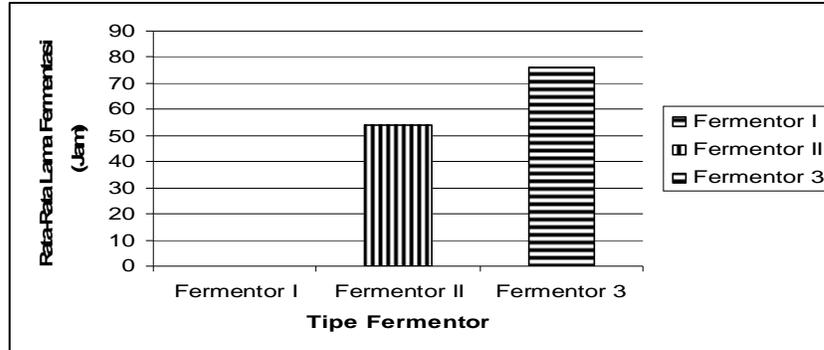
Lama fermentasi

Dari hasil penelitian sebelumnya diperoleh kadar gula nira nipah berkisar 12 -18 %.

Tabel 1. Pengaruh Model Alat Fermentor Sistem Terbuka, Tidak Sirkulasi dan Tertutup dan Sirkulasi Tertutup Terhadap Waktu Proses Fermentasi Nira Nipah

Ulangan	Lama Rata-Rata Fermentasi (Jam)		
	Fermentor I (terbuka)	Fermentor II (tidak sirkulasi dan tertutup)	Fermentor III (sirkulasi dan tertutup)
I	0	54	75,3
II	0	50	78,0
III	0	58	75,7
Rata-Rata	0	54	76,3
Jumlah Hari	0	2,25	3,2

Secara umum, hubungan antara model alat fermentor sistem terbuka, tidak sirkulasi dan tertutup dan sirkulasi tertutup terhadap waktu proses fermentasi nira nipah dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

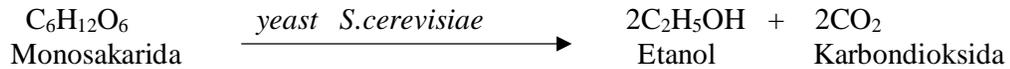


Gambar 2. Grafik Diagram Rata-Rata Lama Waktu Fermentasi Terhadap Beberapa Tipe Fermentor

Pada Gambar 2 terlihat bahwa karakteristik rata-rata lama waktu proses fermentasi tertinggi terdapat pada fermentor III yaitu menggunakan sistem sirkulasi dan tertutup yaitu selama 76,3 jam atau 3,2 hari. Sedangkan yang terendah terdapat pada fermentor I. F_{hitung} Tipe Fermentor sebesar 610,048 dan probabilitas sebesar $0,0001 < 0,05$ sehingga H_0 ditolak. Disimpulkan bahwa beberapa tipe fermentor memberikan perbedaan yang berarti (signifikan). Oleh karena ada perbedaan yang nyata, diperlukan ujian lanjut letak perbedaannya dengan uji lanjut (*post Hoc Test*). Subset pertama ditempati oleh perlakuan tipe fermentor I dengan rata-rata waktu fermentasi 0 Jam. Subset pertama ditempati oleh perlakuan tipe fermentor II dengan rata-rata waktu fermentasi 54 jam. Subset pertama ditempati oleh perlakuan tipe fermentor III dengan rata-rata waktu fermentasi 76,3 jam. Perlakuan tipe fermentor I (terbuka) memberikan pengaruh paling rendah, sedangkan perlakuan tipe fermentor yang terbaik dalam memeberikan lama waktu fermentasi adalah tipe fermentor III (sirkulasi dan tertutup).

Tipe fermentor III yang memiliki kemampuan sirkulasi dan tertutup dengan lama waktu fermentasi yang tertinggi, hal ini disebabkan kondisi yang tertutup atau lebih cenderung anaerob dengan dibatasi oleh udara yang tersedia sedikit $\pm 10\%$ volume yaitu dari sisa rongga ruang nira nipah fermentasi dalam tangki fermentor volume 100 L. Sehingga dalam proses fermentasi oksigen hanya dibutuhkan sedikit. *Saccharomyces cerevisiae* membutuhkan oksigen untuk mempertahankan kehidupan dan menjaga konsentrasi sel tetap tinggi, (Hepworth, 2005; Nowak, 2000; Tao *et al*, 2005). Sirkulasi nira nipah untuk pemerataan dan pengadukan nira nipah yang mengandung kadar gula, nutrien (Urea & NPK) dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang dilakukan 1 hari sekali dengan pompa air sistem tertutup di tangki fermentor yang sama. Lama waktu fermentasi nira nipah ini sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh oleh Okugbo, *et al* (2012) bahwa untuk proses fermentasi nira nipa palm membutuhkan waktu sekitar tiga hari untuk menyelesaikan dan dilakukan pada suhu antara 25°C dan 30°C . Secara visual berlangsungnya proses fermentasi ditandai dengan terlihatnya gelembung gas pada tabung kontrol sistem leher angsa munculnya, gelembung gas dimaksud adalah yaitu gas CO_2 . Secara teoritik tiap molukul glukosa akan

menghasilkan 2 mol etanol, 2 mol karbondioksida dan melepaskan energi. Hal ini terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram proses fermentasi sukrosa oleh ragi (yeast) *S.cerevisiae*

Lama waktu proses fermentasi yang dihitung dari waktu awal munculnya gelembung gas sampai berakhir. Semakin lama waktu proses fermentasi menunjukkan semakin banyak produksi gelembung gas CO_2 maka akan diindikasikan semakin banyak produksi bioetanol yang dihasilkan. Selain dari tanda-tanda adanya gelembung gas CO_2 yang awalnya dengan frekuensi lambat pada setengah jam kemudian semakin cepat sampai hari ke-3. Pada hari ke-3 terjadi penurunan frekuensi gelembung gas sampai pada sore harinya tidak munculnya gelembung gas, hal ini menunjukkan proses fermentasi telah terhenti. Selain dari tanda gelembung gas CO_2 juga dilihat dari naiknya temperatur suhu fermentor yang semula dingin menjadi hangat yaitu dengan kisaran $20 - 30^\circ\text{C}$. Proses selanjutnya adalah destilasi yaitu pemurnian nira nipah yang telah terfermentasi.

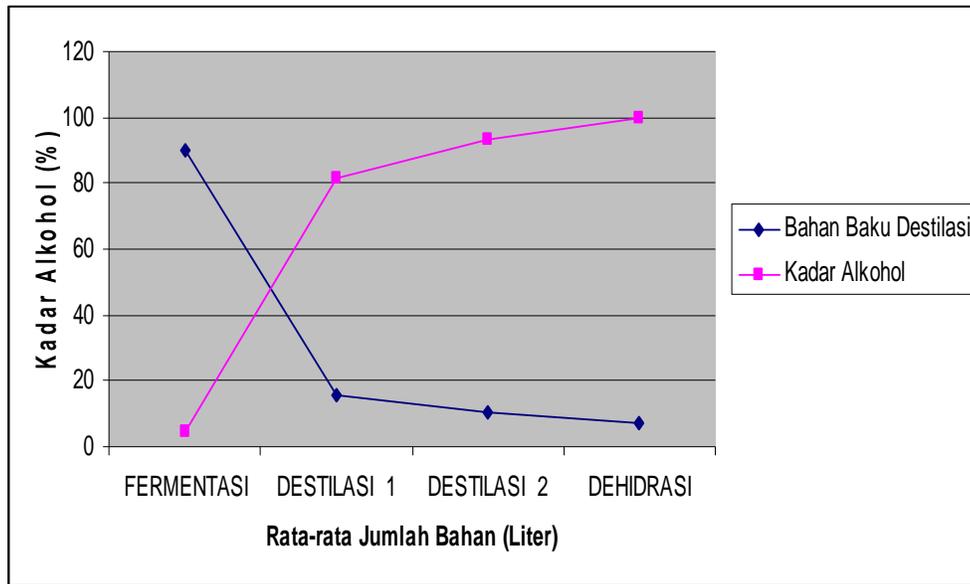
Kadar Alkohol Hasil Destilasi dan Dehidrasi Alat TTG

Pengujian kadar alkohol atau etanol melalui hasil pengukuran alat alkoholmeter di beberapa proses dan tahapan terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Pengukuran Kadar Alkohol Setiap Destilasi dan Dehidrasi

No	Proses	Tingkat Tahapan Ulangan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Rata - Rata Bahan (Liter)	Rata - Rata Kadar Alkohol (%)
			Jumlah Bahan (Liter)	Kadar Alkohol (%)	Jumlah Bahan (Liter)	Kadar Alkohol (%)	Jumlah Bahan (Liter)	Kadar Alkohol (%)		
1	Fermentasi	1	90	4,6	90	4,7	90	4,6	90	4,6
2	Destilasi	1	16	80	15	82	16	81	15,7	81,3
3	Destilasi	2	11	92	10	94	11	93	10,7	93
4	Dehidrasi	1	7	100	8	100	7	100	7,33	100

Dari Tabel 2 menunjukkan awal dari proses fermentasi dengan jumlah bahan sebanyak 90 L menghasilkan rata-rata kadar etanol 4 %. Untuk proses berikutnya adalah destilasi dengan jumlah bahan sebanyak 90 L menghasilkan bioetanol berjumlah rata-rata 15,7 L dengan kadar rata-rata etanol 81,3 %, untuk kadar etanol ini masih tergolong rendah maka diperlukan pengulangan destilasi tahap ke-2 dari bahan sebanyak rata-rata 15,7 L menghasilkan bioetanol berjumlah rata-rata 10,7 L dengan kadar rata-rata etanol 93, untuk kadar etanol ini sudah tergolong tinggi maka dilanjutkan ke proses dehidrasi yaitu dari bahan sebanyak rata-rata 10,7 L menghasilkan bioetanol berjumlah rata-rata 7,3 L dengan kadar rata-rata etanol 100 yaitu telah mencapai kadar *Fuel Grade Ethanol* (FGE).



Gambar 4. Grafik Diagram Jumlah Bahan dari Tahapan Proses Produksi Bioetanol terhadap Kadar Alkohol yang dihasilkan

Pada Gambar 4 menunjukkan terdapat 4 tahapan proses pengolahan nira nipah menjadi bioetanol $\geq 99,56\%$ (FGE) untuk skala alat teknologi tepat guna (TTG) yaitu tahap ke-1 proses fermentasi mencapai kadar etanol 4,3%, tahap ke-2 proses destilasi mencapai kadar etanol 81,3%, tahap ke-3 proses destilasi ulangan mencapai kadar etanol 90% dan tahap ke-4 proses dehidrasi mencapai kadar etanol 100%. Kadar etanol dari hasil nira nipah setelah fermentasi rata-rata sebesar 4,6%, kadar etanol ini berada pada kisaran persentase beberapa hasil penelitian oleh Rahayu dan Kuswanto (1988), bahwa kadar alkohol yang terdapat pada produk yang dihasilkan dari fermentasi berkisar antara 3-10 persen tergantung dari jenis produk yang difermentasikan. Hal ini juga terlihat pada proses destilasi yang terjadi sebanyak 2 tahapan pengulangan yang menunjukkan kenaikan kadar etanol pada tahap ulangan ke-1 yang tinggi yaitu dari rata-rata kadar 4% menjadi 81,3% sedangkan pada tahapan ulangan ke-2 angka kenaikan kadar etanol tidak terlalu tinggi yaitu dari rata-rata kadar 81,3% menjadi 93%. Proses selanjutnya dehidrasi menghasilkan kadar etanol mencapai kadar 100%.

Rendemen Bioetanol Kadar 80% (alternatif minyak tanah) dan Bioetanol FGE Kadar 99,56%

Untuk rendemen bioetanol dengan kadar 80% yaitu untuk digunakan sebagai alternatif minyak tanah dengan kompor khusus bioetanol diperoleh hasil perhitungan awal dari jumlah volume nira nipah 90 liter adalah seperti diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rendemen Perbandingan Bioetanol ke Kadar 80% dengan Alat Destilasi

No.	Produk / Bahan	Perbandingan Volume (Liter)			Rata-Rata Volume (Liter)
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
1	Awal	90	90	90	90
2	Akhir	16	15	16	15,7
Rendemen		17,7	16,6	17,7	17,4

Terlihat dari rata-rata volume bahan awal sebanyak 90 L melalui proses fermentasi ke destilasi menghasilkan rata-rata volume akhir bioetanol kadar alkohol 81% sebanyak 15,7 L. Sehingga rendemen rata-rata bioetanol dari nipah diperoleh sebesar 17,4 % atau dengan perbandingan 90 L bahan baku nira fermentasi menjadi 15,7 L bioetanol kadar 81% atau sama dengan 5,7 Liter Bahan Baku : 1 Liter bioetanol kadar 81%. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari nilai rendemen rata-rata bioetanol nira kelapa hasil destilasi 14 kali yaitu 4,83 % (Wijaya *et al*, 2012). Rendemen bioetanol yang dihasilkan dari destilasi sampah organik yaitu sebesar 4,50 – 7,70% (Mahyuda,2006). Untuk perbandingan jumlah bahan baku dengan bioetanol kadar 81% yang dihasilkan yaitu 1 : 5,7 artinya untuk menghasilkan bioetanol kadar 81 % dibutuhkan bahan baku untuk di fermentasi sebanyak 90 L melalui satu tahap proses destilasi sebanyak 1 kali pada penggunaan alat tipe teknologi tepat guna rancangan peneliti.

Untuk rendemen bioetanol dengan kadar FGE 99,56 % yaitu untuk digunakan sebagai substitusi ke bahan bakar fosil diperoleh hasil perhitungan awal dari jumlah volume nira nipah 90 liter adalah seperti diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rendemen Perbandingan Bioetanol ke Kadar 99,56% dengan Alat Destilasi dan Dehidrasi

No.	Produk / Bahan	Perbandingan Volume (Liter)			Rata-Rata Volume (Liter)
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
1	Awal	90	90	90	90
2	Akhir	7	8	7	7,3
Rendemen		7,8	8,9	7,8	8,1

Terlihat dari rata-rata volume bahan awal sebanyak 90 L melalui proses fermentasi, destilasi dan dehidrasi menghasilkan volume akhir bioetanol kadar alkohol 100% sebanyak 7,3 L. Sehingga rendemen rata-rata bioetanol dari nipah diperoleh sebesar 8,1 % atau dengan perbandingan 90 L bahan baku nira fermentasi menjadi 7,3 L bioetanol kadar FGE atau sama dengan 12 Liter Bahan Baku : 1 Liter bioetanol FGE. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari nilai rendemen rata-rata bioetanol nira kelapa hasil destilasi 14 kali yaitu 4,83 % (Wijaya *et al*, 2012). Rendemen bioetanol yang dihasilkan dari destilasi sampah organik yaitu sebesar 4,50 – 7,70% (Mahyuda, 2006). Untuk perbandingan jumlah bahan baku dengan bioetanol kadar 100% yang dihasilkan yaitu 1 : 12,3 artinya untuk menghasilkan bioetanol kadar 100% dibutuhkan bahan baku untuk di fermentasi sebanyak 90 L melalui beberapa tahap proses lanjutan destilasi sebanyak 2 kali dan dehidrasi 1 kali pada penggunaan alat tipe teknologi tepat guna rancangan peneliti.

Pengujian Kualitas Bioetanol Nipah Spesifikasi Fuel Grade untuk Substitusi

Tabel 5. Hasil Pengujian Kualitas Bioetanol Nipah Spesifikasi Fuel Grade untuk Substitusi.

No.	Parameter	Units	Test Result	Method
1	Appearance	-	Liquid Clear and Fre of Suspended Matter	Visual
2	Ethanol content at 15.56°C	% vol	99,56	SNI 02-3565-1994
3	Acidity as Acetic Acid	Ppm	25	ASTM D – 1613
4	Density at 20 °C	g/cm ³	0,7918	ASTM D – 4052
5	Heavy Metal as Lead (Pb)	Ppm	Below 0,1	ICP
6	Non Volatile Matter	Mg/100 ml	23	ASTM D – 1353
7	Permanganate Time test at 15 °C	-	20 Seconds	SNI 02-3565-1994
8	Water Content	% wt	0,78	ASTM E – 203
9	Acetaldehyde	100	1,12	Gas Chromatograph
9	Methanol	Ppm	64	ICP
10	Iron Content (Fe)	Ppm	0,32	ICP
11	Sodium Content (Na)	Ppm	2,0	ICP
12	Copper Content (Cu)	Ppm	0,28	ICP
13	Fusel Oil :			
	2 - Propanol	%	105	
	1 - Propanol	%	0,1	
	2 - Buthanol	Ppm	0,42	
	Iso - Buthanol	%	376	
	1 - Buthanol	%	0,25	
	Iso - Amyalkohol	%	0,12	

Untuk perbandingan hasil pengujian spesifikasi kualitas bioetanol nipah dengan SNI Bioetanol Nasional dan negara produsen bioetanol terlihat pada Tabel 6. Dari Tabel 6 hasil pengujian spesifikasi kualitas bioetanol untuk kadar etanol menunjukkan nilai sebesar 99,56 %, kadar metanol sebesar 64 ppm, kadar air sebesar 0,78 % dari 1 % standar SNI akan tetapi lebih tinggi dari standar bioetanol negara Brazil dan kadar keasaman bioetanol nipah dengan hasil 25 ppm telah memenuhi standar SNI. dan beberapa negara produsen bioetanol. Sedangkan untuk tampilan visual memiliki hasil yang sama dengan standar SNI dan bioetanol standar negara Thailand, India dan Brazil. Hasil pengujian ini yang telah memenuhi standar SNI merupakan bioetanol produksi menggunakan peralatan skala teknologi tepat guna. Untuk pemurnian kadar bioetanol menggunakan unit alat dehidrasi supaya memenuhi persyaratan *fuel grade ethanol* (FGE) atau bisa digunakan untuk substitusi sebagai bahan bakar (*biofuel*). Salah satu cara untuk meningkatkan kadar bioetanol adalah dengan proses dehidrasi untuk memperoleh etanol dengan kadar lebih besar dari 99% (Onuki, 2006).

Tabel 6. Perbandingan hasil pengujian spesifikasi kualitas bioetanol nipah dengan SNI Bioetanol Nasional dan negara produsen bioetanol

No.	Sifat	Spesifikasi Bioetanol (Unit, min/max)				
		Nipah Bengkalis (Hasil Penelitian)	SNI INDONESIA	THAILAND	INDIA	BRAZIL
1	Kadar etanol	99,56 %	99,5 %-v, min	99,5 %	99,5 %	99,3 %
2	Kadar metanol	64 ppm	300 %-v, max	0,010 %	300 mg/L	
3	Kadar air	0,78 %	1 %-v, max			0,4 %
4	Keasaman sebagai CH ₃ COOH	25 ppm	30 mg/L, max		30 mg/L	30 mg/L
5	Tampakan	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang

Pengujian Pencampuran Bioetanol FGE Pada Proses Substitusi ke Bahan Bakar Fosil

Hasil pengujian pencampuran bioetanol FGE pada proses substitusi ke bahan bakar fosildisajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan hasil pengujian spesifikasi kualitas bioetanol nipah dengan SNI Bioetanol Nasional dan negara produsen bioetanol

Kadar Biotanol Substitusi	Visual Pencampuran Homogen atau Tidak Homogen (Ada Batas antara Bioetanol dan Minyak Premium)		
	Tidak Homogen (Ada Batas antara Bioetanol dan Minyak Premium)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0 - ≤ 99,56 %	Tidak Homogen	Tidak Homogen	Tidak Homogen
≥ 99,56 % (FGE)	Homogen	Homogen	Homogen

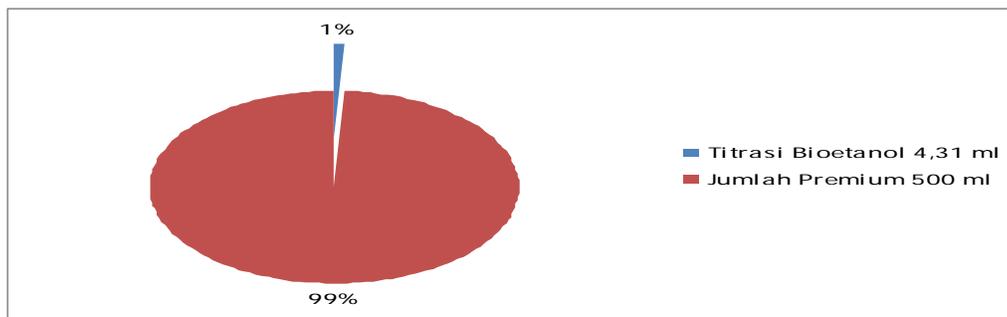
Pada Tabel 7 terlihat bahwa pengujian pencampuran bioetanol FGE hasil alat dehidrasi skala TTG $\geq 99,56\%$ (FGE) dan bioetanol hasil alat destilasi $\leq 99,56\%$ yang akan disubstitusikan ke bahan bakar fosil menunjukkan perbedaan visual campuran bersifat homogen atau tidak. Bioetanol nipah kadar $\geq 99,56\%$ hasil alat dehidrasi skala TTG yang dicampurkan dengan bahan bakar fosil jenis premium menunjukkan pencampuran yang homogen. Sedangkan bioetanol dengan kadar $\leq 99,56\%$ menunjukkan pencampuran yang tidak homogen. Hal ini sesuai dengan pendapat Perry (1984) bahwa penggunaan bioetanol dapat dicampur dengan berbagai komposisi dalam bentuk *anhyrous ethanol*.

Pengujian Kebutuhan Substitusi Bioetanol FGE ke Biopremium beroktan 92 dan 95.

Tabel 8. Perbandingan Substitusi Bioetanol Nipah dengan BBM Premium Untuk menghasilkan Biopremium Oktan 92

No Ulangan	Volume Titasi Bioetanol pada 500 ml substitusi minyak premium ke Oktan Biopremium 92		
	Oktan Premium Awal 88,2	Oktan Premium Awal 89,0	Oktan Premium Awal 89,1
1	5	4	3,9
2	4,9	4,1	4
3	5	4	3,9
Rata-Rata Ulangan	4,97	4,03	3,93
Rata-Rata Titasi Sampel Oktan	4,31		

Berdasarkan Tabel 8 dari hasil pengujian kebutuhan substitusi bioetanol FGE ke biopremium beroktan 92 dan 95, menunjukkan rata-rata jumlah titrasi bioetanol untuk substitusi minyak premium 500 ml dengan oktan akhir menjadi produk minyak biopremium 92 adalah 4,31 ml atau sama dengan perbandingan 1 % penggunaan bioetanol untuk menghasil bahan bakar biopremium beroktan 92. Perbandingan penggunaan bahan bakar non fosil untuk substitusi bioetanol yang kecil dengan jumlah bahan bakar fosil yang besar terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Persentase Titrasi Bioetanol Nipah FGE (ml) dan BBM Premium untuk Biopremium Oktan 92.

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan rata-rata jumlah titrasi bioetanol untuk substitusi minyak premium 500 ml dengan oktan akhir menjadi produk minyak biopremium 95 adalah 8,7 ml atau sama dengan perbandingan 2 % penggunaan bioetanol untuk menghasil bahan bakar biopremium beroktan 95. Perbandingan penggunaan bahan bakar non fosil untuk substitusi bioetanol yang kecil dengan jumlah bahan bakar fosil yang besar terlihat pada Gambar 6.

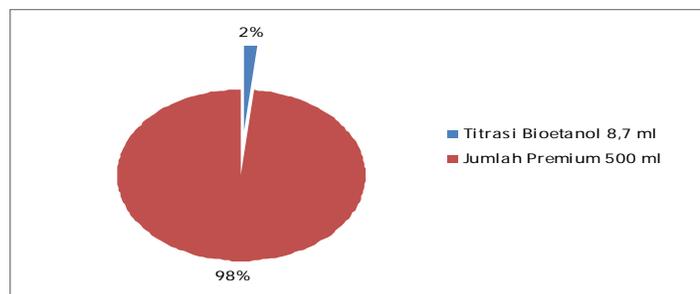
Menurut Stojiljkovic (2009) pencampuran bioetanol dan gasoline menghasilkan gasoline mixtures E1 diperoleh oktan (research octane number) sebesar 95,7 dan E3 diperoleh oktan (research octane number) sebesar 96,0 serta E5 diperoleh oktan (research octane number) sebesar 96,7. Nilai tersebut mendekati dengan nilai substitusi E2 yaitu sebesar 2% untuk produk biopremium dari bioetanol nipah yang beroktan 95. Hal ini berbeda dengan pendapat Prihandana (2007) bahwa E10 (10% bioetanol) memiliki nilai oktan yakni 91,5 nilai oktan ini mendekati oktan pertamax. Nilai E2 (2% bioetanol) dari bahan nipah yang disubstitusikan ke BBM premium menghasilkan oktan 95 dengan nama dagang oleh Pertamina yaitu

Biopremium ternyata menunjukkan jenis oktan yang mendekati jenis bahan bakar produk Pertamina yaitu Pertamax Plus beroktan 95. Jumlah kebutuhan bioetanol dalam substitusi ke premium menggunakan cara titrasi. Jumlah kebutuhan titrasi bioetanol untuk produk akhir biopremium oktan 95 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Substitusi Bioetanol Nipah dengan BBM Premium untuk Menghasilkan Biopremium Oktan 95

No Ulangan	Volume Titrasi Bioetanol pada 500 ml substitusi minyak premium ke Oktan Biopremium 92		
	Oktan Premium Awal	Oktan Premium Awal	Oktan Premium Awal
	88,2	89,0	89,1
1	9,9	8,1	8
2	9,9	8,1	8
3	10	8,2	8,1
Rata-Rata Ulangan	9,93	8,13	8,03
Rata-Rata Titrasi Sampel Oktan		8,7	

Perbandingan persentase bioetanol dan premium dari hasil Tabel 9 diatas dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Perbandingan Persentase Titrasi Bioetanol Nipah FGE (ml) dan BBM Premium untuk Biopremium oktan 95

Potensi Produksi Bioetanol dan Biopremium Nipah

Tabel 10. Produksi Bioetanol menggunakan Alat Teknologi Tepat Guna untuk Kadar $\geq 99,96\%$

No.	Produksi Nira nipah (Liter/Ha/Th)	Rendeman Nira ke Bioetanol FGE	Jumlah Produksi Bioetanol (Liter/Ha/Th)
1	Produksi Mak : 158.153,18	12 : 1	13.179,43
2	Produksi Min : 32.930,04	12 : 1	2.744,17
	Produksi Rata-Rata : 95.542	12 : 1	7.962,80

Tabel 10, diatas menunjukkan jumlah produksi bioetanol dengan menggunakan alat teknologi tepat guna untuk kadar $\geq 99,96\%$. Perbandingan rendemen nira – bioetanol FGE sebesar 12:1, maka produksi bioetanol tertinggi adalah sebesar 13.179,43 liter/Ha/tahun sedangkan untuk produksi terendah adalah sebesar 2.744,17 liter/Ha/tahun. Sehingga produksi rata-rata bioetanol yang dihasilkan adalah 7.962,80 liter/Ha/tahun.

Produksi bioetanol dari bahan baku nira nipah pada beberapa hasil ujicoba menunjukkan perbandingan antara nira sebagai bahan baku, dengan bioetanol adalah sebesar 12:1. Selanjutnya menurut Arent Indonesia (2009) mengungkapkan bahwa dari 12 liter air Aren setelah diproses dalam penyulingan, bakal menghasilkan 1 liter bioetanol. Hal ini sangat jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Filipina, bahwa teknologi tradisional sangat bervariasi untuk "nira vodka", minuman beralkohol jelas dengan alkohol 30-40%. Nira vodka diperoleh dari distilasi getah fermentasi dikumpulkan dari tangkai potong semi-matang kepala buah. (Rasco, E.T.JR., *et al* 2012).

Menurut Okugbo, *et al* (2012) nira nipah yang difermentasi menjadi etanol dalam jumlah besar diperkirakan akan memproduksi 6,480-15,600 L etanol per hektar. Dibandingkan Tebu hasil yang diperoleh 5,000-8,000 L per ha etanol dan luas yang setara dengan ditanam jagung akan menghasilkan hanya 2000 L per ha etanol.

Pengolahan dalam produksi bioetanol menggunakan dua alat, yaitu alat skala teknologi tepat guna (TTG), dan alat skala Mini Plant. Alat dengan skala teknologi tepat guna (TTG) telah digunakan untuk mendapatkan hasil seperti yang digambarkan dalam Tabel 16. Sedangkan alat dengan skala Mini Plant memiliki kemampuan memproduksi bioetanol dengan tingkat olahan mencapai kadar $\pm 80\%$. Bioetanol kadar ini belum bisa digunakan untuk substitusi ke bahan bakar minyak fosil, akan tetapi hanya dapat digunakan sebagai alternatif pengganti minyak tanah untuk kompor bioetanol.

Menurut Rachman *et al.* (2001) bahwa jika seandainya nira tersebut dimanfaatkan untuk produksi bioetanol, maka kemungkinan kadar alkohol yang dihasilkan adalah 6 - 7%, walaupun ada beberapa mikroba yang tahan hingga 9%-vol dan secara teoritik bisa menghasilkan hingga 13%-vol, tetapi yang paling memungkinkan adalah 6 - 7%-vol. Dengan demikian : $54.000 \times 7\% \times 100/95 = 3978 \text{ L} = 4000 \text{ L/ha/th}$.

Dengan kondisi bahan bakar di Indonesia disektor transportasi masih didominasi 100% bahan bakar fosil antara lain Premium dan Pertamina Plus 95, yaitu dari sumber energi yang *non renewable*. Substitusi bioetanol nipah ke BBM premium merupakan *energy mix* yang berkualitas dan ramah lingkungan. Ketergantungan penggunaan BBM fosil jenis premium sangat tidak arif dan cenderung boros, hanya memikirkan kebutuhan sesaat dan belum memikirkan tabungan energi untuk generasi yang akan datang. Tidak bisa dibayangkan, disaat cadangan minyak Indonesia menipis atau habis untuk generasi berikutnya, maka seluruh sektor industri dan transportasi yang masih mempunyai ketergantungan dengan energi fosil, mengalami stagnan atau berhenti bergerak akibat kelangkaan minyak. Pengembangan sumber energi baru terbarukan dari energi hijau bioetanol nipah, tidak menimbulkan konflik terhadap krisis pangan. Jenis bioetanol nipah kualitas fuel grade etanol (FGE) berkadar $> 99,5\%$ akan mempunyai sifat dapat tercampur/homogen antara minyak premium dari fosil dengan bioetanol nipah dari non fosil. Hal ini merupakan suatu langkah pertama kearah penyiapan teknologi substitusi energi. Pengujian menggunakan bioetanol yang dihasilkan sendiri melalui alat teknologi tepat guna, hasil dari paten peneliti. Selanjutnya bioetanol tersebut telah diuji kualitas memenuhi standar SNI dan dikategorikan layak dibandingkan dengan bioetanol dari bahan baku singkong. Bioetanol nipah memiliki kadar metanol yang rendah dibandingkan dengan bioetanol singkong. Bioetanol nipah dapat berfungsi sebagai zat aditif ekstender penaik kadar oktan BBM. Disamping itu, zat aditif ini

dapat menjadi suatu kebanggaan karena merupakan produk yang berasal dari sumberdaya alam Indonesia. Untuk mengantisipasi kondisi saat ini, dimana bangsa Indonesia masih mengimport zat aditif penaik oktan HOMO dengan ketergantungan pada negara lain, dan menyedot dana sampai ratusan milyar per tahun. Perbandingan jumlah produksi produk bahan bakar Biopremium hasil substitusi bioetanol ke bahan bakar fosil premium menurut aturan pemerintah dan hasil penelitian terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Produksi Biopremium Etanol Nipah (Liter/Ha Tahun) dibedakan dari Katagori Produksi Nira

Tingkat Produksi	Produksi Bioetanol (Liter/Ha/Th)	Substitusi Bioetanol ke BBM Fosil Premium (Aturan Pemerintah E10)		Jumlah Biopremium Nipah Liter/Ha/Tahun	Substitusi Bioetanol ke BBM Fosil Premium (Hasil Penelitian E2)		Jumlah Biopremium Nipah Liter/Ha/Tahun
		Fosil Premium 90% (Liter)	Non Fosil Etanol 10% (Liter)		Fosil Premium 90% (Liter)	Non Fosil Etanol 10% (Liter)	
		Tertinggi	13.179,43		118.614,88	13.179,43	
Terendah	2.744,17	24.697,53	2.744,17	27.441,70	134.464,33	2.744,17	137.208,50
Rata-rata	7.962,80	71.665,20	7.962,80	27.441,70	390.177,20	7.962,80	398.140,00

KESIMPULAN

Rata-rata waktu fermentasi adalah antara 75,3 - 78 jam atau sekitar 3 hari. Terdapat 4 tahapan proses pengolahan nira nipah menjadi bioetanol $\geq 99,56\%$ (FGE) untuk skala alat teknologi tepat guna (TTG) yaitu tahap ke-1 proses fermentasi mencapai kadar etanol 4,3%, tahap ke-2 proses destilasi mencapai kadar etanol 81,3 %, tahap ke-3 proses destilasi ulangan mencapai kadar etanol 90 % dan tahap ke-4 proses dehidrasi mencapai kadar etanol 100 %.

Rendemen rata-rata bioetanol dari nipah diperoleh sebesar 8,1 % atau dengan perbandingan 90 L bahan baku nira fermentasi menjadi 7,3 L bioetanol FGE berkadar $> 99,5\%$ atau sama dengan 12 Liter bahan baku : 1 Liter bioetanol FGE berkadar $> 99,5\%$.

Kadar etanol nipah hasil produksi alat TTG dengan kadar etanol pengujian sebesar 99,56 % sudah memenuhi syarat standar SNI yaitu antara lain kadar etanol, metanol, air, keasaman dan tawar. Serta telah memenuhi standar di beberapa negara produsen bioetanol yaitu Thailand, India dan Brazil.

Bioetanol nipah kadar $\geq 99,56\%$ hasil alat dehidrasi skala TTG yang dicampurkan dengan bahan bakar fosil jenis premium menunjukkan pencampuran yang homogen. Sedangkan bioetanol dengan kadar $\leq 99,56\%$ menunjukkan pencampuran yang tidak homogen.

Hasil pengujian kebutuhan substitusi bioetanol FGE ke biopremium beroktan 92 menghasilkan perbandingan 1 % penggunaan bioetanol dari bahan bakar fosil jenis premium untuk memperoleh bahan bakar mix atau campuran biopremium beroktan 92. Serta perbandingan 2 % untuk biopremium beroktan 95.

Potensi produksi bioetanol dari hutan mangrove nipah seluas 1 Ha yang disesuaikan dengan karakteristik hasil penelitian menunjukkan produksi tertinggi sebesar 13.179,43 liter/Ha/tahun dan terendah adalah sebesar 2.744,17 liter/Ha/tahun sehingga produksi rata-rata adalah 7.962,80 liter/Ha/tahun. Sedangkan potensi produksi rata-rata biopremium yang dihasilkan dari produksi rata-rata bioetanol 7.962,80 liter/Ha/tahun untuk sesuai aturan substitusi pemerintah sebesar 10% maka produksi biopremium yang dihasilkan sebesar 79.628,00 liter/Ha/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah penuh dengan kesabaran dan keterbukaan hati serta meluangkan waktu guna membimbing, mengarahkan dan memberi petunjuk yang sangat berguna bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hepworth, M. 2005. Technical, Environmental and Economic Aspect of Unit Operation for The production of Bioethanol From Sugar Beet in the United Kingdom, CET IIA Exercise 5. Corpus Christi College.
- Nowak, J. 2000. Ethanol Yield and Production of *Zymomonas mobilis* in Various Fermentation Methods, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Vol. 3, No. 2 seri Food Science and Technology.
- Rachman, A.K., dan Y. Sudarto. 1991. Nipah Sumber Pemanis Baru. Kanisius. Yogyakarta.
- Rasco, E.T.JR., Ragas, R.G., Junio, R.G. 2012. Morphological and sap yield variation in Nipa (*Nypa fruticans* Wurmb.) Asia Life Sciences, The International Journal of Life Sciences, Vol. 21, No. 1, hal. 123-132
- Smith, D. 2006. Nypa Palm: Ethanol Super-Crop? Biofuel Review. Singapore. 15 June 2006. Downloaded, November 15, 2010.
- Tao, F., Miao, J.Y., Shi, G. Y., dan Zhang, K. C. 2003. Ethanol Fermentation by an Acid-tolerant *Zymomonas mobilis* under Non-sterilized Condition, Process Biochemistry, Elsevier, 40: 183-187