

# Destilasi-Dehidrasi Bioetanol dari Nira Aren dan Karakteristiknya

A. LAY, P.M. PASANG DAN TEUKU A. IQBAL

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado  
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 14 September 2010 / Direvisi 12 Oktober 2010 / Disetujui 30 November 2010

## ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan di Bengkel Rakayasa Alat Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, selama bulan Agustus-Desember 2009. Penelitian menggunakan metode observasi terhadap proses destilasi dan dehidrasi bioetanol. Perlakuan terdiri dari: kondisi bahan baku etanol dengan karakteristik beragam. Sampel yang dianalisis sebanyak 25 sampel. Proses pengolahan bioetanol menggunakan destilator-dehidrator sistem sinambung. Pengamatan meliputi karakteristik suhu destilasi, bahan olah dan bioetanol hasil pengolahan serta neraca massa. Analisis data menggunakan regresi berganda dengan metode OLS (Ordinary least squares). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bioetanol dengan kadar etanol tinggi, mengandung kadar gula yang tinggi dan larutan bersifat netral, sedangkan yang berkadar etanol rendah mengandung kadar gula rendah dan bersifat masam. Pada proses destilasi-dehidrasi bioetanol dengan suhu terkontrol, akan meningkatkan kadar etanol, kadar gula dan pH bioetanol. Bioetanol dengan kadar etanol 95,0-96,0 % mengandung kadar gula 18,0-18,5 % dengan pH 7,0-7,38. Bioetanol dengan kadar etanol 30,0-35,0 % didestilasi dan dehidrasi menghasilkan bioetanol kadar 95,0-96,0 % sebanyak 29,1 %.

Kata kunci: Nira aren, destilasi, dehidrasi, karakteristik bioetanol, neraca massa

## ABSTRACT

### Distillation-Dehydration of Bioethanol from Sugar Palm Sap and its Characteristics

The experiment was conducted in Engineering Repair of Indonesia Coconut and Other Palmae Research Institute, during August to December 2009. The research used observation methods of distillation and dehydration process of bioethanol. Treatments consisted of condition of raw material of ethanol with varying characteristics. Twenty five samples were analyzed in this study. Distillation and dehydration process of bioethanol was used continuous system. Observation included the characteristics of distillation temperature, characteristics of bioethanol before and after processing, and material balance of bioethanol. Analysis of data using multiple regression with OLS (Ordinary least squares) method. The results showed that characteristics of bioethanol with high ethanol content, contain high sugar content and neutral acidity solution. Where as the low ethanol content, contain low sugar levels and high acidity solution. In the distillation-dehydration process of bioethanol with temperature controlled will increase the ethanol content, sugar content and pH of bioethanol. Bioethanol with 95-96 % ethanol content, sugar content of 18.0 to 18.5 % and pH 7.0-7.38. Bioethanol with content 30.0 to 35.0, distilled and dehydrated could produce bioethanol content of 95.0-96.0 as much as 29.1 %.

Key words: Sugar palm sap, distillation, dehydration, characteristics bioethanol, material balance.

## PENDAHULUAN

Pengolahan nira aren menjadi etanol lebih sederhana dibandingkan pati sagu dan ubi kayu, karena nira dalam bentuk cair dan bersifat mobil dalam proses fermentasi (Dalibard, 1999). Pengolahan etanol dari bahan bergula seperti nira aren, proses pengolahan lebih mudah dibanding bahan berpati dan bahan selulosa (Prihandana et al., 2008). Nira aren merupakan bahan baku potensial untuk diolah menjadi etanol. Proses pengolahan yang umum dilakukan petani aren adalah fermentasi alami (tanpa menggunakan ragi).

Di Sulawesi Utara, pengolahan etanol dari nira aren dilakukan dengan cara fermentasi, yaitu dengan cara penyimpanan nira dalam wadah penampung selama 2-4 hari tanpa penggunaan ragi. Proses pengolahan dilakukan dengan cara penyulingan hasil fermentasi nira menggunakan alat sederhana, wadah pemasakan menggunakan drum, proses destilasi menggunakan bambu yang saling bersambungan dengan panjang 21-24 m. Penentuan kadar etanol dilakukan berdasarkan kebiasaan dengan pengamatan pada hasil penyulingan, yaitu tetesan cairan etanol pada botol pertama dan kedua diperkirakan kadar etanol 40-45%, tetesan cairan pada botol ketiga sampai kelima kadar etanol 30-35% dan tetesan selanjutnya diperkirakan kadar etanol 20-25%. Untuk keseragaman kadar etanol, dilakukan pencampuran etanol hasil penyulingan, dan dari tujuh liter nira aren hasil fermentasi akan menghasilkan satu liter etanol kadar 30-35% (Lay et al., 2004).

Permasalahan yang dihadapi oleh pengolah etanol (bahasa lokal captikus) pada tingkat petani, adalah kadar etanol

tidak seragam dan tidak diketahui dengan pasti. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukan: (a) Pemasangan termokopel pada wadah pemasakan nira hasil fermentasi, untuk kontrol suhu pemasakan dan penyulingan, (b) Letak tungku harus di atas permukaan tanah agar memudahkan kontrol kayu bakar dan pembakaran lebih efektif, (c) Pengukuran kadar etanol dengan alkohol meter (Karouw dan Lay, 2006).

Pada proses pemurnian etanol diperlukan proses lanjut yakni proses destilasi dan dehidrasi. Penggunaan alat destilator-dehidrator sistem sinambung, dengan sistem proses destilasi-dehidrasi yang berlangsung secara kontinu dalam satu sistem proses. Bioetanol kasar yang berkadar etanol 30-35% dapat dimurnikan menjadi etanol kadar 95-96% (Lay, 2009).

Proses destilasi bertujuan untuk memisahkan etanol dari campuran etanol-air. Titik didih etanol adalah 78°C dan titik didih air adalah 100°C sehingga dengan pemanasan pada suhu 78°C dengan metode destilasi maka etanol dapat dipisahkan dari campuran etanol-air. Kadar maksimum etanol yang dapat diperoleh dengan cara destilasi biasa adalah 96% dan bersifat larutan azeotropik, (3) proses dehidrasi larutan azeotropik untuk meningkatkan kadar bioetanol menjadi 99,5% merupakan cara yang populer untuk menghasilkan etanol absolut (Tjokoroadikoesoemo, 1986).

Dilaporkan Mathewson (1980) bahwa untuk memperoleh etanol absolut dari etanol 96% menggunakan molecular sieve, yaitu suatu absorben sintesis berbentuk pellet yang dapat secara selektif mengikat molekul air. Selain murah harganya, metode ini tidak meninggalkan residu pada etanol yang diperoleh.

Molecular sieve yang telah terpakai dapat dipakai kembali setelah dikeringkan pada suhu tertentu.

Permasalahan yang dihadapi dalam pemurnian alkohol, antara lain beragamnya kadar etanol yang dihasilkan petani dan unit pengolahan skala kecil, pengendalian suhu dan kaitannya dengan kondisi etanol yang akan dihasilkan dan massa produk etanol. Untuk itu perlu diteliti karakteristik suhu pada proses destilasi dan bioetanol dan karakteristik bioetanol yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian adalah etanol kasar dari nira aren yang dihasilkan petani dan unit pengolahan skala kecil, bahan bakar minyak tanah untuk proses pengolahan, saringan molekuler dan air proses. Alat yang digunakan terdiri dari alat pengolahan etanol, kompor, alat uji karakteristik etanol (alkohol tester, pH meter digital, hand-refractometer) dan alat pembantu lapang.

Penelitian dilaksanakan di Bengkel Rakayasa Alat Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palapa Lain, selama bulan Agustus-Desember 2009. Penelitian menggunakan metode observasi terhadap proses destilasi dan destilasi bioetanol. Perlakuan terdiri dari: Kondisi bahan baku etanol yang terkumpul pada penelitian ini, dengan karakteristik beragam sebanyak 25 contoh yang terdiri dari: 2 contoh dengan kadar etanol 30,0%, kadar gula 9,0°Brix, pH 4,12; 10 contoh dengan kadar etanol 35,0%, kadar gula 12,1°Brix, dan pH 4,59; 10 contoh dengan kadar etanol 83,0%, kadar gula 18,2-18,8°Brix, pH 7,0-7,05, dan 3 contoh dengan kadar etanol 90,5%, kadar gula 18,5°Brix, pH 7,0.

Proses pengolahan bioetanol menggunakan destilator-dehidrator sistem sinambung. Sebelum bahan baku (etanol kasar) diumpankan ke dalam tangki evaporator (tangki pemanasan) dilakukan pengukuran awal terhadap kadar etanol, gula dan pH bahan baku (etanol kasar dari nira aren). Selanjutnya etanol kasar yang berada di dalam tangki dipanaskan menggunakan kompor, pengaturan suhu dilakukan dengan memperbesar/memperkecil nyala api kompor. Suhu pemanasan terbaca pada termo-kopel yang dipasang pada tangki pemasakan dan kolom destilasi. Etanol kasar yang telah melewati kolom destilasi dan dehidrator ditampung dalam wadah tertutup, agar tidak terjadi kontak dengan udara luar yang akan menurunkan kadar bioetanol.

Pengamatan meliputi suhu destilasi dan bahan olah serta bioetanol hasil pengolahan. Suhu destilasi terdiri dari suhu tangki pemanasan, suhu kolom destilator, suhu awal menetes/mengalir bioetanol pada corong pengeluaran, suhu bioetanol produk akhir dan neraca massa bioetanol. Karakteristik bahan baku dan hasil olah bioetanol meliputi kadar etanol, kadar gula dan kemasaman (pH). Pengukuran suhu destilasi menggunakan thermokoppel yang terpasang pada masing unit operasi, kadar etanol dengan alkohol tester, kemasaman (pH) menggunakan pH meter digital Sutton dan kadar gula dengan Handrefractometer Atago. Analisis data menggunakan regresi berganda pada ulangan yang tidak sama, dengan metode OLS (Ordinary least squares).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Destilasi dan Dehidrasi

Proses destilasi adalah proses pengolahan bioetanol yang terkait dengan peningkatan kadar etanol dengan penggunaan suhu pada tangki penguapan dan pengendalian suhu kolom destilasi. Sedangkan dehidrasi terkait dengan peningkatan kadar etanol melalui penggunaan hidrat (zeolit sintesis 3 Å) yang mempunyai kemampuan untuk menyerap air yang dikandung bioetanol dalam sistem proses tertutup.

diolah melalui proses destilasi-dehidrasi, dengan karakteristik suhu seperti tertera pada Tabel 1.

Penggunaan suhu pemanasan dilakukan bertahap sesuai dengan kadar etanol bahan baku. Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa perubahan suhu pada tangki masak mengikuti jumlah etanol yang dikandung bahan baku, sedangkan suhu destilator dipengaruhi kecepatan aliran air pendingin destilasi, untuk kestabilan suhu destilator kecepatan aliran air destilasi kurang lebih 20 L/jam.

Tabel 1. Variasi suhu pada proses destilasi-dehidrasi bioetanol  
Table 1. Tempratures variation on destillated-dehydrated process

No.	Jumlah contoh Samples	Suhu tangki penguapan Evaporating tank temprature	Suhu kolom Destilator Colum destilator temprature	Suhu menetes awal bioetanol Dehydrated flowing bioethanol	Suhu bioetanol Bioethanol temprature
1	2	84,5-90,0	80,0-87,0	80,0-81,0	29,0-31,5
2	10	81,0-90,0	80,0-88,0	80,0-81,0	28,5-31,5
3	10	79,0-85,0	79,0-80,0	79,0-79,5	29,0-32,0
4	3	79,0-84,0	79,0-80,0	78,5-79,0	29,5-32,0

Proses destilasi merupakan proses perubahan fasa cair menjadi gas pada destilator, yang terjadi akibat pemanasan pada campuran fasa cair, untuk menguapkan komponen fasa tertentu seperti etanol, berdasarkan per-bedaan titik didih dan tekanan uap (Gozan, 2006). Fasa uap etanol akan menjadi cair dengan adanya proses kondensasi yang terjadi dalam konden-sor dengan suhu ruang yang rendah dengan menggunakan aliran air pada kondensor (Bernasconi et al., 1995).

Penggunaan suhu pemanasan dilakukan bertahap sesuai dengan kadar etanol bahan baku. Bioetanol yang

Suhu tangki penguapan lebih tinggi dari suhu pada kolom destilasi, walaupun kondisi kadar bioetanol sangat beragam, yakni 30-90,5%, namun suhu awal menetes/mengalir bioetanol hasil destilasi dan dehidrasi relatif seragam, yakni berkisar 79-82°C. Produk akhir bioetanol dengan suhu relatif seragam, yakni 28,5-32°C, suhu ini merupakan suhu ruang pengolahan bioetanol. Suhu tangki penguapan dan suhu destilasi relatif seragam pada saat menetes/mengalirnya etanol hasil destilasi dan dehidrasi, suhu tangki penguapan cenderung meningkat, sedangkan suhu destilasi relatif stabil. Makin tinggi

kadar etanol bahan baku, makin rendah suhu tangki penguapan dan suhu destilasi. Pada pemanasan bahan baku etanol berkadar 30-35% menjadi 83-90%, membutuhkan suhu tangki penguapan 79,5-88,5°C dan suhu destilasi 81,0-88,5°C, sedangkan untuk mendapatkan etanol berkadar 95-96% dari bioetanol dengan kadar 83,0-90,5°C dengan suhu tangki penguapan 79,0-85,0°C.

Dilaporkan Gozan (2006) bahwa sistem kesetimbangan uap-cair dan fraksi massa etanol pada tekanan 1 atm dipengaruhi oleh suhu, yakni: (1) suhu 78,3°C fraksi massa etanol dalam uap 100%, (2) suhu 79,1-80,1°C fraksi massa etanol 82,2- 85,8%, dan (3) suhu 81,0-87,3°C fraksi massa etanol 65,6-79,4%. Dilaporkan Hambali et al. (2008) bahwa suhu tangki penguapan etanol berkisar 78-100°C.

Proses dehidrasi dengan menggunakan zeolit sentetis dapat membantu proses pemurnian bioetanol dengan meningkatkan kadar etanol. Hasil pengamatan dilaboratorium Balai Penelitian Kelapa dan Tanaman Palma Lain, menunjukkan bahwa proses destilasi terhadap bioetanol dengan kadar etanol 30-33%, menggunakan alat destilasi tunggal dapat meningkatkan kadar etanol menjadi 72-77%, sedangkan pada alat destilator-dehidrator bioetanol berkadar etanol 30%, akan menghasilkan bioetanol dengan kadar etanol 80-93%, atau lebih tinggi 8-11%, yang merupakan peran dari proses dehidrasi dengan adanya saringan molekuler.

Untuk menghasilkan etanol dari bahan baku berkadar etanol 30-35% menjadi 95-96%, proses destilasi-dehidrasi dilakukan sebanyak 2 kali. Cara ini memerlukan waktu yang lama dan banyak energi. Menurut Bernasconi et al. (1995) bahwa destilasi berulang tidak

hanya memerlukan banyak waktu dan peralatan, melainkan juga energi panas pada setiap tahap proses pemanasan, seperti panas harus dikeluarkan ke air pendingin pada proses kondensasi. Lebih menguntungkan jika penguapan dan kondensasi berulang dilaksanakan dalam satu unit proses, dengan tahap-tahap yang disusun satu di atas yang lain, sehingga panas kondensasi dari sebuah tahap akan digunakan pada tahap berikutnya.

#### Karakteristik Bioetanol Setelah Proses Destilasi-Dehidrasi

##### Kadar Etanol

Kadar etanol awal ( $X_1$ ) dan pH bahan baku ( $X_2$ ) berpengaruh nyata terhadap kadar etanol akhir ( $Y_1$ ), sedangkan faktor lain tidak mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Hubungan tersebut mengikuti persamaan regresi:  $Y_1 = 152,71 + 0,18 X_1 - 2,59 X_2 + 5,94 X_3 - 0,04 X_4 + 0,08 X_5$ . Pengaruh nyata dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai  $Y_1$  sebesar 92,33 dan 7,67% diluar faktor yang diamati.

Pada Tabel 2, menunjukkan bahwa tingginya kemasaman pada larutan alkohol sebagai bahan baku, ditandai dengan pH berkisar 4,12-4,49, yang disebabkan adanya senyawa asam yang masih bercampur dalam bahan baku, dengan adanya proses destilasi pada suhu tertentu, yang menguap adalah cairan etanol-air, sedangkan senyawa asam yang terdapat pada bahan baku tertinggal dalam tangki pemanasan. Pada destilasi berulang dengan pemanasan tertentu, terjadi kenaikan kadar etanol, namun pH tidak mengalami penurunan. Kemasaman larutan alkohol stabil pada kadar diatas 93,0-95,0% dengan pH berkisar 7,0-7,38.

Kondisi yang sama juga dijumpai pada etanol komersial yang berkadar 90-95%.

Kadar etanol kasar yang digunakan sebagai bahan baku penelitian bervariasi yaitu 30-90,5%, setelah distilasi dan dehidrasi, kadar etanol mengalami peningkatan menjadi 80,0-95%. Proses distilasi dan dehidrasi dilakukan untuk meningkatkan kadar etanol, ternyata kadar etanol akhir yang diperoleh belum mencapai kadar maksimum etanol yang dapat diperoleh dengan cara distilasi biasa, yaitu 96%.

Distilasi dilakukan untuk meningkatkan kadar etanol dapat dilakukan dengan mendestilasi hasil fermentasi nira kadar etanol awal 30% mengalami peningkatan kadar yang paling tinggi dibandingkan dengan lainnya, hal ini disebabkan karena masih banyaknya senyawa alkohol yang terkandung di dalam bahan baku berkadar etanol 30%.

Untuk meningkatkan kadar etanol 96% menjadi 99,5% tidak dapat dilakukan dengan distilasi biasa, disebabkan campuran etanol dengan air pada kadar etanol 96% merupakan campuran azeotrop. Pada kondisi ini tekanan uap air dan etanol sama sehingga hasil distilasi menghasilkan kadar yang sama. Untuk menghasilkan kadar etanol di atas 99% diperlukan proses dehidrasi dengan menggunakan moleculer sieve. Daya serap air pada larutan bioetanol oleh moleculer sieve untuk pemurnian bioetanol, sehingga dalam proses dehidrasi menganjurkan penggunaan bioetanol berkadar etanol lebih dari 90%, karena jumlah air yang dikandung bioetanol relatif sedikit, dan proses pengolahan akan lebih efektif (Fornoff, 1981).

Tabel 2. Karakteristik bioetanol dari nira aren sebelum proses distilasi-dehidrasi  
Table 2. Bioethanol characteristics from palm neera before destillated-dehydrated process

No.	Contoh Samples	Kadar tanol (%) Ethanol content (%)	Kadar gula (°Brix) Sugar content (°Brix)	pH Acidity
1	2	90,0	18,5-19,0	6,02-6,05
2	10	80,0-93,0	18,5-19,0	6,16-6,96
3	10	93,0-95,0	18,0-19,0	7,00-7,28
4	3	95,0-96,0	18,0	7,19-7,38

Suhu yang digunakan pada tangki pemanasan dan kolom distilasi berkisar 79°-88,5°C, suhu tersebut berada di bawah titik didih air sehingga tidak memberikan pengaruh yang positif terhadap kadar etanol. Kadar gula yang tidak memberikan pengaruh positif terhadap kadar etanol, karena bahan yang digunakan dalam bentuk etanol kasar di mana proses fermentasi dalam mengurai gula menjadi etanol sudah terhenti.

#### Kadar gula

Kadar gula bahan baku (X2) dan pH awal (X3) berpengaruh nyata atau positif terhadap kadar gula pada larutan etanol akhir (Y2), sedangkan faktor lainnya adalah negatif. Hubungan tersebut mengikuti persamaan regresi:  $Y2 = 25,5 - 0,05 X1 + 0,15 X2 + 0,27 X3 - 0,01 X4 + 0,08 X5$ . Pengaruh nyata dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai Y2 sebesar 53,0% dan 47,0% diluar faktor yang diamati.

Makin tinggi kadar etanol semakin tinggi pula kadar gula larutan. Hal ini ditandai dengan kadar etanol 30-35%, kadar gula larutan etanol 9,0-12,1°Brix, dan pada larutan etanol berkadar 95-96% dengan kadar gula 18,0°Brix. Kadar gula tertinggi yakni 18,5-19,0°Brix dijumpai pada etanol berkadar 83,0-95,0%. Meningkatnya kadar gula dengan meningkatnya kadar etanol disebabkan senyawa asam dan sebagian komponen air telah terpisah dari larutan etanol pada proses destilasi dan dehidrasi.

Zat-zat yang terlarut seperti gula (sukrosa, glukosa, fruktosa dan lain-lain), garam-garam klorida, atau asam sulfat dari kalium, natrium, kalsium dan lain-lain, merespon sebagai °Brix. °Brix ialah zat padat terlarut dalam suatu larutan (gram per 100 gram larutan) yang dihitung sebagai sukrosa. Pada Tabel 2, diatas, menunjukkan bahwa kadar gula dari larutan etanol mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kadar etanol.

#### Kemasaman (pH)

Kadar gula bahan baku (X2), pH (X3) dan suhu tangki (X4) berpengaruh nyata atau positif terhadap kemasaman larutan etanol akhir (Y3), sedangkan faktor lainnya adalah negatif. Hubungan tersebut mengikuti persamaan regresi:  $Y3 = 14,45 + 0,006 X1 + 0,44 X2 - 1,21 X3 + 0,0001 X4 - 0,092 X5$ . Pengaruh nyata dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai Y3 sebesar 84,13% dan 15,87% diluar faktor yang diamati.

Bioetanol berkadar etanol 30-35% bersifat masam atau pH rendah, yang ditandai dengan pH 4,12-4,59, sedangkan yang bersifat netral pH 7,0-7,38. Pada larutan etanol berkadar 83-96 %, pada proses destilasi berulang dengan me-

ningkatnya kadar etanol, asam-asam yang terdapat pada bahan baku etanol akan terpisah karena tidak ikut menguap dalam proses destilasi ulang, sebagai akibat suhu tangki rendah (79-85°C) dan suhu destilasi yang rendah (79-80°C).

Makin tinggi kadar etanol semakin rendah kesamaan larutan, keadaan ini diindikasikan pada bahan baku dengan kadar etanol 30-35%, pH larutan adalah 4,15-4,59. Larutan etanol dengan kadar 83% dengan pH 7,05, selanjutnya pada hasil olah dengan kadar etanol 95-96% dengan pH 7,03-7,38. Larutan etanol mencapai pH netral (pH 7) pada kadar 83,0-96,0%. Meningkatnya pH larutan etanol disebabkan terpisahnya asam-asam yang dikandung nira karena tidak menguap pada suhu pemanasan tangki 79,0-83,3°C dan suhu destilasi 78-80°C. Asam-asam ini, merupakan bahan sisa dalam proses destilasi dalam bentuk lumpur cair atau limbah.

Menurut Arrhenius dalam Goutara dan Wijandi (1975) bahwa asam adalah zat-zat yang dalam air melepaskan ion hidronium ( $H_3O^+$ ) sedangkan basa melepaskan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Bila pH meningkat di atas 7, konsentrasi ion ( $OH^-$ ) akan meningkat, dan konsentrasi ion ( $OH^-$ ) akan berkurang. Hal ini, sejalan dengan hasil penelitian yang diperoleh, di mana kadar alkohol awal berpengaruh positif terhadap pH akhir etanol, semakin tingginya kadar etanol menyebabkan pH etanol meningkat. Sukrosa dapat mempengaruhi pH larutan asam atau basa dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa pH etanol sesudah pengolahan dipengaruhi oleh kadar gula sehingga pH etanol berada pada pH netral.

### Neraca massa bioetanol

Berdasarkan nilai rata-rata neraca massa hasil destilasi dan dehidrasi bioetanol sesuai kadar etanol sebagai berikut: (a) Bioetanol dengan kadar 30-35% sebanyak 50 L menghasilkan 38,8% bioetanol kadar 83% atau 19,4 L, (b) Bioetanol dengan kadar etanol 83% sebanyak 17 L, menghasilkan 88,2 % bioetanol atau sebanyak 15 L kadar 90,5 dan (c) Bioetanol dengan kadar etanol 90,5% sebanyak 10 L, menghasilkan 85,0% atau 8,5 L. Bioetanol sebanyak 50 L dengan kadar etanol 30-35% akan menghasilkan bioetanol kadar 95,0-96,0% sebanyak 29,1% atau 14,55 L.

### KESIMPULAN

Pemurnian bioetanol melalui proses destilasi-dehidrasi dari kadar etanol 30,0-35,0% menjadi 80,0-93,0% membutuhkan pengendalian suhu tangki pemanas 81,0-90°C dan suhu kolom destilasi 80,0-82,0°C, sedangkan pemurnian bioetanol dari kadar 83,0-90,5% menjadi 93,0-96,0% membutuhkan pengendalian suhu tangki pemanas 79,0 - 85,0% dan suhu kolom destilasi 79,0 - 80,0°C.

Proses destilasi-dehidrasi bioetanol dapat meningkatkan kadar etanol, kadar gula dan pH bioetanol. Bioetanol kadar etanol 95-96%, mengandung gula 18,0-19,0°Brix dan pH 7,0-7,38 (netral). Kadar etanol awal dan pH bahan baku berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol akhir. Kadar gula bahan baku dan pH awal berpengaruh nyata terhadap kadar gula bioetanol akhir. Sedangkan kadar gula dan suhu tangki penguapan berpengaruh nyata terhadap pH larutan bioetanol.

Neraca massa hasil destilasi dan dehidrasi bioetanol dengan kadar etanol 30-35% menghasilkan 38,8% bioetanol kadar 83%, bioetanol dengan kadar etanol 83% menghasilkan 88,2% bioetanol kadar 90,5 dan bioetanol dengan kadar etanol 90,5% menghasilkan 85,0%. Bioetanol dengan kadar etanol 30-35% akan menghasilkan bioetanol kadar 95,0-96,0% sebanyak 29,1%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bernasconi, Gaster GA, Hauser H, Stanbe H, dan Schneiter E. 1995. Chemical technologie, Teil 2. Diterjemahkan oleh Lienda Handojo. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dalibard C. 1999. Overall view on the traditional of tapping palm trees and prospects for animal production. *Livestock research rural development*, 11(1):1-53.
- Fornoff LL. 1981. Process for dehydrating ethanol and for the production of gasohol. United States Patent 4.273.621.
- Goutara dan Soesarsono Wijandi. 1975. Dasar pengolahan gula. Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Fatemeta, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gozan M. 2006. Absorpsi, leaching dan ekstraksi pada industri kimia. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, Hendroko R. 2008. Teknologi bioenergi. Agro-Media. Jakarta.
- Karouw S dan Lay A. 2006. Nira aren dan teknik pengendalian produk olahan. *Buletin Palma*; (31):116-125.



- Lay A, Hutapea RTP, Tuyuwale J, Sondakh JO, dan Polakitan AL. 2004. Pengembangan komoditas aren di Daerah Minahasa Sulawesi Utara. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren. Tondano, Juni 2004.
- Lay A. 2009. Rekayasa teknologi alat pengolahan bioetanol dari nira aren. Buletin Palma; (37):100-114.
- Mathewson SW. 1980. Drying the alcohol. Chapter 12. In: the manual for the home and farm production of alcohol fuel. California: Ten Speed Press.
- Prihandana R, Noerwijati K, Adinurani PG, Setyaningsih D, Setiadi S, Hendroko RR. 2008. Bioetanol Ubikayu: Bahan Bakar Masa Depan. P.T. AgroMedia Pustaka, Jakarta
- Tjokroadikoesoemo PS. 1986. HFS dan industri ubi kayu lainnya. Penerbit Gramedia, Jakarta.