

Penggunaan Ragi Komersial pada Pengolahan Etanol dari Nira Aren

A. LAY

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

Diterima 15 Juli 2009 / Direvisi 17 September 2009 / Disetujui 25 November 2009

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan ragi komersial yang efektif untuk fermentasi nira aren menjadi etanol, teknik pengolahan yang efisien dan praktis dioperasikan petani/kelompok tani. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2009, di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado. Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan faktorial $5 \times 4 \times 2$, menggunakan rancangan acak lengkap. Faktor A adalah ragi komersial yang terdiri atas A1= Fermipan, A2= Mauri-pan, A3 = Gold-Pamaya, A4 = BrewMax dan A5 = tanpa menggunakan ragi. Faktor B adalah lama fermentasi yang terdiri atas B1= 0 hari, B2 = 1 hari, B3= 2 hari dan B4 = 3 hari). Pengolahan etanol dilakukan melalui proses fermentasi dan destilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ragi yang sesuai untuk fermentasi nira aren yang optimal menjadi etanol adalah Gold-Pakmaya dan Fermipan. Penggunaan destilator tunggal skala laboratorium dalam proses destilasi pertama menghasilkan etanol kadar 28-43% dan destilasi kedua menghasilkan etanol kadar 72-77%. Secara ekonomi pengolahan etanol kadar 30-32% dan 72-77% adalah layak dan menguntungkan.

Kata kunci: Nira aren, ragi komersial, fermentasi, destilasi, etanol.

ABSTRACT

Use of Commercial Yeasts on Etanol Processing from Palm Neera

The objective of this research was to find out commercial yeasts which effective for fermentation sugar palm neera become etanol, efficient processing technique and it can be operated by the farmers/the farmer groups. The research was done from March to June 2009, in the Laboratory of Indonesia Coconut and Other Palmae Research Intitute. The research was conducted in factorial experiment $5 \times 4 \times 2$, using completed randomized design. Factor A is commercial yeast, which consists of A1 = Fermipan, A2 = Mauri-pan, A3 = Gold-Pakmaya, A4 = BrewMax, and A5 = Without yeast. (Fermipan, Mauri-pan, Gold-Pakmaya, BrewMax and without yeast. Factor B is fermentation period which consists of B1 = 0 day, B2 = 2 days and B3 = 3 days. Ethanol processing was conducted by using fermentation and distillation process. The result showed that the suitable yeast for fermentation were Gold-Pakmaya and Fermipan yeast. Using a single destillator, laboratory scale, the first and second processes, produced etanol 28-43% and 72-77%, respectively. Processing etanol 30-32% and 72-77% is economically feasible.

Keywords: Sugar palm neera, commercial yeasts, fermentation, distillation, ethanol.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, aren tumbuh di daerah-daerah perbukitan dengan curah hujan yang relatif tinggi dan merata sepanjang tahun. Sentra pertanaman aren meliputi Provinsi Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Gorontalo, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku Utara, dan Papua (Anonim, 2006).

Proses 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). Fermentasi etanol dipengaruhi oleh faktor mikroorganisme, kondisi proses fermentasi dan teknologi proses. Umumnya mikroorganisme yang sangat berperan pada fermentasi etanol adalah *Saccharomyces* sp. Faktor-faktor lingkungan seperti pH larutan, suhu dan nutrisi mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam mensintesa gula menjadi etanol. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan efisiensi fermentasi adalah mendapatkan strain-strain baru yang unggul, dan penguasaan teknologi proses fermentasi (Santoso dan Murdyatmo, 1994).

Dilaporkan Santoso dan Murdyatmo, (1994), bahwa penggunaan *Saccharomyces* sp strain PS-01 yang diproduksi P3GI, pada pengolahan etanol dengan bahan baku tetes tebu dan proses fermentasi berlangsung selama 48 jam, pada pH 4,5-5,0 dan suhu ruang 32-34°C, menghasilkan etanol dengan rendemen tertinggi, yakni 20%. Salah satu indikasi diperolehnya strain unggulan adalah dihasilkan berbagai ragi komersial dengan

nama dagang dan negara produsen antara lain Fermipan (Perancis), Mauripan (China), Gold-Pakmaya (Turki) dan BrewMax (Canada). Ragi komersial ini, telah digunakan pada pengolahan roti, sehingga lebih dikenal dengan sebutan ragi roti. Ragi roti sudah diujicobakan pada pengolahan minuman anggur (palm wine) dari nira aren dengan kadar etanol sekitar 5%, aroma khas dan disukai panelis (Rindengan, 2005), dan pengolahan etanol dari bahan baku air kelapa menghasilkan etanol 6-8% (Karouw, 2004).

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 etanol ditingkat petani 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 pada tingkat petani 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 30-35%, dengan mencampurkan etanol hasil penyulingan. Pengolahan etanol dari nira aren dengan cara demikian membutuhkan tujuh liter nira

aren untuk menghasilkan satu liter etanol berkadar 30-35% (Lay et al., 2004).

Permasalahan utama yang dihadapi oleh pengolah etanol atau captikus pada tingkat petani, adalah kadar etanol yang dihasilkan tidak seragam dan tidak diketahui dengan pasti. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukan: (a) Pemasangan termo-kopel 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. Apabila kadar etanol kurang dari 30% dapat dilakukan penyulingan ulang, jika lebih dari 30% dilakukan pengenceran, agar diperoleh produk etanol yang seragam (Karouw dan Lay, 2006).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan ragi komersial yang efektif untuk memfermentasi nira aren menjadi etanol, teknik pengolahan yang praktis dioperasikan petani/kelompok petani, serta secara ekonomi akan menguntungkan petani.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan terdiri atas nira aren yang berasal dari petani di Kecamatan Mapanget, Minahasa Utara, dan ragi komersial terdiri atas Fermipan, Mauri-pan, Gold-Pakmaya dan BrewMax.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2009, di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado. Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan faktorial 5 x 4 x 2, menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Faktor A Ragi komersial, yakni: A1 = Fermipan, A2 = Mauri-pan, A3 = Gold-Pakmaya, A4 = BrewMax, dan

A5 = Tanpa menggunakan ragi. Faktor B Lama Fermentasi, yakni B1 = 0 hari, B2 = 1 hari, B3 = 2 hari, B4 = 3 hari.

Pada penelitian ini, dilakukan proses fermentasi nira aren dengan menggunakan ragi komersial, takaran ragi 3 g/liter nira untuk ragi Fermipan, Mauri-pan dan Gold-Pakmaya, sedangkan untuk ragi BrewMax menggunakan takaran 1 g/liter nira, dengan lama fermentasi 0-3 hari. Hasil fermentasi dilanjutkan dengan proses destilasi bertingkat. Selama proses fermentasi dilakukan pengamatan kadar etanol (%), jika kadar etanol tidak terdeteksi, menggunakan perhitungan konversi gula menjadi etanol, yakni 1 g gula menghasilkan 0,52 g etanol, kadar gula (%) dan kemasaman (pH).

Proses destilasi menggunakan destilator sistem tunggal skala laboratorium dengan proses destilasi bertingkat. Ditetapkan volume hasil destilasi masing-masing 150 ml dan 200 ml untuk setiap perlakuan. Pengamatan terhadap hasil destilasi terdiri atas: rendemen etanol (%), kadar etanol (%), kadar gula (%), neraca bahan baku dan produk hasil olah, serta analisis ekonomi pengolahan etanol. Analisis data proses fermentasi menggunakan ANOVA dengan uji BNT, kecuali pH. Pengukuran produk etanol hasil destilasi, neraca massa bahan olah dan analisis ekonomi pengolahan nira menjadi etanol menggunakan hasil rata-rata pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi

Hasil analisis statistik, menunjukkan bahwa interaksi antara ragi dan waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar gula dan kadar etanol,

tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH nira aren selama fermentasi. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

etanol 5,0-5,1% dan ragi Fermipan menghasilkan etanol 4,8-5,0%. Proses fermentasi nira aren selama dua hari

Tabel 1. Hasil fermentasi nira aren dengan ragi komersial.
Table 1. Fermentation product of sugar palm neera using commercial yeasts.

No.	Jenis Ragi Yeasts	Lama Fermentasi (hari) Time fermenting (days)	Kadar Gula Sugar content (%)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	pH nira pH sugar palm neera
1.	Ragi Fermipan	0	13,50a	0,00a	6,10
		1	5,30b	4,30b	4,40
		2	4,30b	4,80b	4,39
		3	3,80b	5,00b	4,38
2.	Ragi Mauri-pan	0	13,50a	0,00a	6,06
		1	8,00b	2,90b	4,44
		2	4,50c	4,70b	4,43
		3	4,30c	4,80b	4,39
3.	Ragi Gold-Pakmaya	0	13,50a	0,00a	6,06
		1	8,00b	2,90b	4,44
		2	3,80c	5,00b	4,43
		3	3,70c	5,10b	4,39
4.	Ragi BrewMax	0	13,50a	0,00a	6,05
		1	10,00b	1,80a	4,54
		2	5,00c	4,40b	4,46
		3	5,00c	4,40b	4,42
5.	Tanpa Ragi	0	13,50a	0,00a	6,12
		1	7,80b	3,00b	4,48
		2	5,10b	4,40b	4,47
		3	4,80bc	4,50b	4,44

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang tidak sama, berbeda pada taraf uji BNT 5 %.

Note : Numbers followed by the different letters are significantly different at 5% HSD.

Interaksi antara ragi dan lama fermentasi pada proses konversi gula nira aren menjadi etanol tertinggi pada hari pertama, kemudian proses konversi gula menjadi etanol berlangsung lambat pada hari ke dua sampai ke tiga. Konversi gula nira aren menjadi etanol efektif pada penggunaan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan dengan lama fermentasi dua hari, dibanding dengan ragi lain dan tanpa penggunaan ragi. Fermentasi selama 2-3 hari menggunakan ragi Gold-Pakmaya menghasilkan

cukup efektif. Menurut Santoso dan Murdyatmo (1994) penggunaan ragi hanya efektif selama satu hari, disebabkan kebutuhan nutrisi untuk perkembangan ragi. Untuk mengatasi kekurangan nutrisi dan memungkinkan efektifitas ragi dapat dilakukan dengan cara pemberian ulang ragi dengan takaran tertentu pada hari pertama agar proses fermentasi akan lebih efektif.

Pada proses fermentasi, dijumpai gula yang tidak terkonversi menjadi etanol. Gula yang tidak terkonversi

menjadi alkohol ini adalah gula senyawa rantai panjang yang memerlukan perombakan menjadi gula tunggal dengan bantuan enzim, seperti enzim α -amilase sebelum difermentasi. Alternatif lain untuk mengoptimalkan proses fermentasi gula menjadi etanol adalah mencari strain ragi atau jenis ragi komersial yang mempunyai kemampuan mengkonversi gula rantai panjang dari nira aren menjadi gula tunggal yang selanjutnya dikonversi menjadi etanol.

Nira yang diberi perlakuan ragi maupun tanpa ragi dan difermentasi selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari memiliki pH masam, yaitu 4,38 – 4,54. Nira yang diberi perlakuan ragi tetapi tidak mengalami fermentasi memiliki pH netral, yaitu 6,05-6,12. Kemasaman 4-6 sesuai untuk pertumbuhan ragi dan efektif dalam merombak gula menjadi etanol. Pada pH kurang dari 4, proses fermentasi tidak efektif karena pertumbuhan ragi terhambat (Santoso dan Murdyatmo, 1994).

Pada proses fermentasi nira aren selama tiga hari, suhu ruang pada pagi hari sampai malam hari berkisar 28,5-31,5°C. Proses fermentasi adalah pemecahan gula-gula sederhana menjadi etanol dengan melibatkan enzim dan ragi, pada kisaran suhu 27,0-32,0°C (Hambali et al., 2008). Menurut Santoso dan Murdyatmo (1994) suhu optimal untuk proses fermentasi gula menjadi etanol adalah 31-34°C. Dengan demikian, proses fermentasi nira menjadi etanol pada penelitian ini, berlangsung pada suhu yang dapat dikategorikan optimal.

Destilasi

Hasil destilasi dengan destilator tunggal skala laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan ragi komersial yang beragam akan menghasilkan kadar etanol, kadar gula dan pH yang beragam (Tabel 2). Pada rendeman etanol yang sama (150 ml dan 200 ml), ternyata kadar etanol yang tinggi dijumpai pada hasil

Tabel 2. Hasil destilasi produk fermentasi nira aren pada penggunaan ragi komersial.

Table 2. Product of ethanol distillation on some treatments of commercial yeasts.

No.	Jenis ragi Yeasts	Hasil Destilasi Distillated products			
		Volume Etanol Ethanol volume (ml)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Kadar Gula Sugar content (%)	pH nira pH sugar palm neera
1.	Fermipan	150	41	12,0	4,32
		200	31	9,30	4,34
2.	Mauri-pan	150	40	11,50	4,07
		200	31	9,40	4,05
3.	Gold-Pakmaya	150	43	13,00	4,23
		200	32	9,60	4,24
4.	BrewMax	150	33	10,00	3,99
		200	26	8,00	3,97
5.	Tanpa ragi	150	38	10,50	4,22
		200	30	8,60	4,17

destilasi dari fermentasi nira menggunakan ragi Gold-Pakmaya, yaitu 43% dan 31%, dan ragi Fermipan, yaitu 41% dan 31%.

Rendemen dan kadar etanol hasil destilasi ternyata sama dengan kadar etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi, yakni kadar etanol tertinggi pada ragi Gold Pakmaya dan Fermipan. Kedua jenis ragi ini lebih efektif dalam mengkonversi gula nira aren menjadi etanol dibanding dengan ragi Mauri-pan, BrewMax dan tanpa menggunakan ragi.

Dibandingkan dengan rendemen hasil olahan etanol pada tingkat petani, yaitu 7 liter nira aren untuk menghasilkan 1 liter etanol, dengan kadar rata-rata 30% (Lay et al., 2004). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi tanpa menggunakan ragi, rendemennya lebih baik pada kadar etanol yang sama, yakni 30%.

Rendahnya rendemen hasil dan kadar etanol pada pengolahan tingkat petani, antara lain disebabkan tidak menggunakan ragi untuk memacu proses konversi gula nira aren menjadi etanol, terjadi kehilangan hasil berupa penguapan etanol dalam proses penyulingan, karena adanya kebocoran pada penyambungan antar bambu dan sambungan bambu dengan tangki masak, serta penyerapan etanol oleh bambu yang berfungsi sebagai destilator.

Hasil etanol yang diperoleh pada proses destilasi pertama dengan kadar 28-43% digabungkan dan, dilanjutkan proses destilasi kedua, menggunakan alat destilator tunggal skala laboratorium. Suhu pemanasan sekitar 100°C. Pada destilasi kedua diperoleh hasil sebagai berikut: (1) bahan olah etanol 37% sebanyak 750 ml, didestilasi menghasilkan etanol sebanyak 300 ml kadar 77% dan bahan sisa proses sebanyak 450 ml

kadar etanol 5,0%, dan (2) bahan olah 1.000 ml etanol kadar 30%, didestilasi menghasilkan 350 ml etanol kadar 72% dan bahan sisa proses sebanyak 650 ml dengan kadar etanol 5,0%.

Pada proses destilasi bertingkat dengan destilator sistem tunggal suhu pemanasan sekitar 100°C, ternyata tidak semua etanol menguap, sebagian tertinggal pada labu pemanasan dari destilator, yang dikenal sebagai bahan sisa proses dengan kadar etanol sebesar 5% dari 1000 ml larutan etanol-air atau setara 50 ml etanol murni. Bahan sisa proses yang tertinggal merupakan produk yang hilang (*product losses*). Bahan sisa proses yang mengandung etanol 5%, dapat diproses ulang, namun membutuhkan bahan bakar cukup banyak dan waktu pengolahan cukup lama. Menurut Bernasconi et al. (1995) proses destilasi berulang akan meningkatkan kadar etanol dan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kadar etanol, namun proses destilasi berulang membutuhkan tambahan energi panas yang cukup besar untuk memisahkan etanol dari larutan campuran air-etanol.

Neraca Massa

Berdasarkan hasil fermentasi nira aren dengan menggunakan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan, proses destilasi pertama dan destilasi kedua, maka neraca massa bahan olah dan produk sebagai berikut:

- a. Dua ratus liter nira aren yang difermentasi dan destilasi pertama pada destilator tunggal skala laboratorium menghasilkan 40 liter etanol kadar 31-32% atau 30 liter etanol kadar 41- 43%.
- b. Empat puluh liter etanol kadar 31-32%, jika didestilasi ulang

A. Lay

- (destilasi kedua) dengan destilator tunggal skala laboratorium akan menghasilkan sekitar 11,6 liter etanol kadar 72 %.
- c. Tiga puluh liter etanol kadar 41-43 %, jika didestilasi kedua, akan menghasilkan 12,0 liter etanol kadar 77 %.

harga berlaku pada bulan Juni 2009, disajikan pada Tabel 3.

Pengolahan nira aren sebanyak 3.000 liter tahun akan menghasilkan alkohol 70% sebanyak 2.160 liter/tahun dan pendapatan bersih sebesar Rp. 5.700.000/tahun. Pendapatan bersih

Tabel 3. Analisa biaya pengolahan etanol di Sulawesi Utara.
Table 3. Cost analysis of the ethanol processing in North Sulawesi.

No.	Uraian / Items	Nilai / Value (Rp)
a.	Investasi / Investment	
	- Drum dan perlengkapan destilasi tunggal 1 unit	500.000,-
	- Drum and single destillator 1 unit	
	- Alat pembantu (Yerken, botol, tangki penampung nira aren) 1 unit	300.000,-
	- Additional tools (Yerken, bottle, tank for collection palm juice) 1 unit	
	- Bangunan pengolahan / Processing building	700.000,-
	Jumlah / Total (a)	1.500.000,-
b.	Biaya tetap 100% investasi/tahun	1.500.000,-
	Annual fixed cost of 100% investment	
c.	Biaya operasi (bulan) / Monthly operational cost	
	- Nira aren 3000 liter @ Rp. 1.000,- / Palm juice 3000 litres @ Rp. 1.000,-	3.000.000,-
	- Ragi 9 kg @ Rp. 20.000,- / Yeast 9 kgs @ Rp. 20.000,-	180.000,-
	- Upah kerja (termasuk upah pengawasan proses dan pengadaan kayu bakar) 30 OH @ Rp. 50.000 / Salary (salary for processing control and the avilability of burned wood)	1.500.000,-
	- Angkutan lokal / Local transportation	120.000,-
	- Cicilan kredit / Credit to be paid monthly	125.000,-
	Jumlah / Total (c)	4.925.000,-
d.	Total biaya setahun / Total annual cost	59.100.000,-
e.	Pendapatan setahun etanol 70% sebanyak 2.160 liter @ Rp. 30.000,-	64.800.000,-
	Annual income of 2.160 litres ethanol 70% @ Rp. 30.000,-	
f.	Pendapatan bersih setahun (e - d) / Annual net income	5.700.000,-

Berdasarkan neraca massa, dapat dipertimbangkan secara teknis jumlah bahan baku atau bahan olah nira aren yang dibutuhkan untuk menghasilkan etanol dengan kadar tertentu. Diketahui secara kuantitas bahan olah nira aren dan produk etanol yang dihasilkan akan membantu untuk menghitung biaya dan keuntungan yang akan diperoleh pada pengolahan nira aren menjadi etanol.

Analisis ekonomi pengolahan nira aren

Analisis ekonomi pengolahan nira aren menjadi etanol, yang didasarkan

yang diperoleh dikategorikan kecil, namun apabila penanganannya dilakukan oleh petani bersama keluarga, pendapatan seluruhnya akan jauh lebih besar. Dengan pertimbangan bahwa kemampuan untuk menyadap aren oleh satu keluarga petani selama 1 tahun (300 hari kerja) dengan produktivitas rata-rata 60 liter/hari, dalam setahun akan dihasilkan nira aren sebanyak 18.000 liter.

Dengan demikian, penyadap nira aren sekaligus sebagai pengolah etanol, akan memperoleh pendapatan = pendapatan bersih + upah kerja selama 12 bulan + 50% nira aren = Rp. 5.700.000 +

Rp. Rp. 18.000.000 + Rp. 18.000.000 = Rp. 41.700.000/tahun. Pendapatan sebesar Rp. 41.700.000/tahun yang diperoleh petani/keluarga merupakan jumlah yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan keluarga. Tingkat pendapatan yang demikian, akan menunjang pengembangan usaha penyadapan nira aren dan pengolahan etanol.

KESIMPULAN

1. Fermentasi nira aren selama dua hari menggunakan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan cukup efektif, dengan menghasilkan etanol 5,0% dan 4,8%.
2. Penggunaan destilator tunggal skala laboratorium untuk proses destilasi pertama, menghasilkan etanol kadar 28-43%, dan proses destilasi kedua dengan bahan olahan hasil destilasi pertama, menghasilkan etanol kadar 72-77%.
3. Pengolahan etanol dari nira aren untuk menghasilkan etanol kadar 30-37% dan 72-77% adalah layak dan menguntungkan.
4. Dalam upaya menunjang pengembangan usaha pengolahan etanol secara massal di tingkat petani/kelompok tani, patut dipertimbangkan ketersediaan ragi unggul seperti Gold-Pakmaya dan Fermipan secara lokal.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2006. Data statistik tanaman aren. Departemen Pertanian.
Bernasconi, Gaster GA, Hauser H, H. Stanbe H, Schneiter E. 1995. Chemical technologie, Teil 2. Diterjemahkan oleh Lienda Handoyo. 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.
Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, A.W. Pattiwiri AW, Hendroko R. 2008. *Teknologi bioenergi*. AgroMedia. Jakarta.
Karouw S. 2004. Pengolahan air kelapa menjadi alkohol dengan menggunakan ragi roti. Laporan Tahunan 2004. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
Karouw S, Lay A. 2006. Nira aren dan teknik pengendalian produk olahan. *Buletin Palma*; (31):116-125.
Lay A, Hutapea RTP, Tuyuwale J, Sondakh JO, Polakitan AL. 2004. Pengembangan komoditas aren di Daerah Minahasa Sulawesi Utara. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren*. Tondano, Juni 2004.
Rindengan B. 2005. Pengolahan anggur palma (palm wine) dari nira aren. Laporan Tahunan 2005. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
Santoso H, Murdyatmo U. 1994. Fermentasi etanol dari tetes tebu oleh *Saccharomyces* sp. Ps Y-01. *MPG P3GI Pasuruan*; 30(4):30-39.