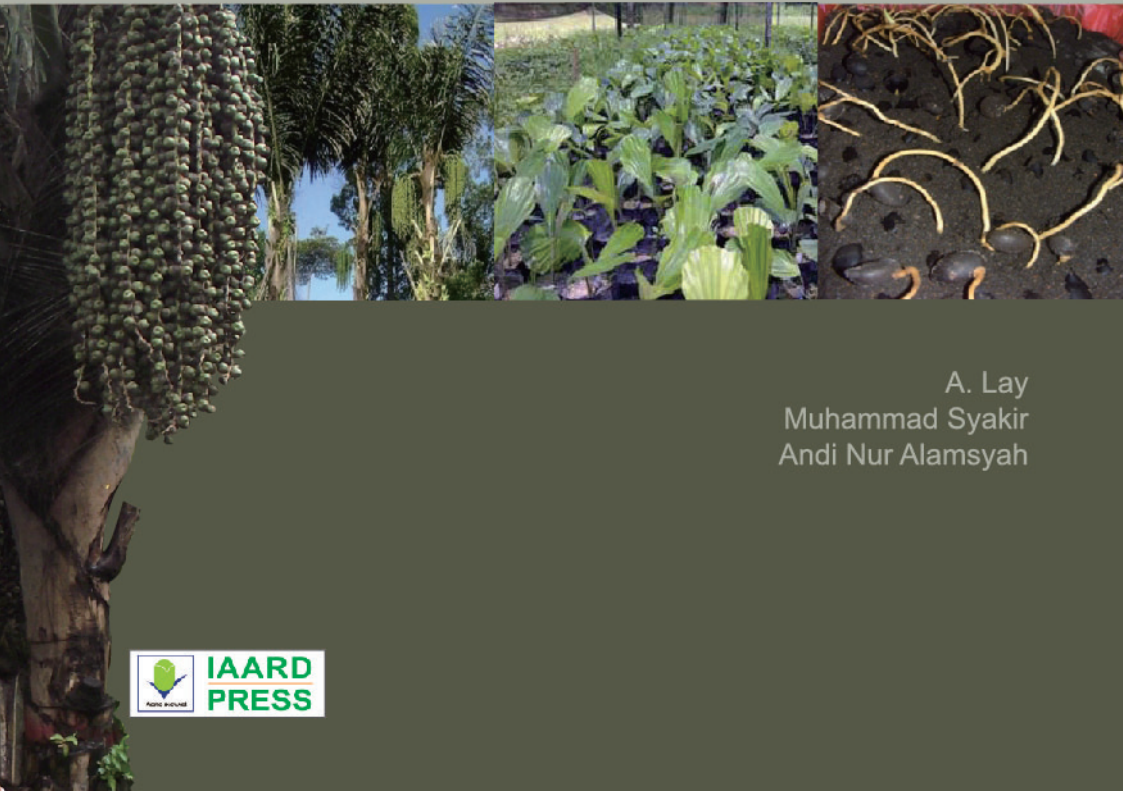


AREN



untuk **pangan,
bioenergi, dan
konservasi**



A. Lay
Muhammad Syakir
Andi Nur Alamsyah

A R E N

**Untuk Pangan, Bioenergi
dan Konservasi**

A R E N

Untuk Pangan, Bioenergi dan Konservasi

Oleh :

A. Lay
M. Syakir
A.N.A.Syah



**INDONESIAN AGENCY FOR AGRICULTURAL RESEARCH AND
DEVEPOMENT (IAARD) PRESS
2017**

A R E N, Untuk Pangan, Bioenergi dan Konservasi

Cetakan 2017

Hak cipta dilindungi undang-undang

©Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2014

Katalog dalam terbitan

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Aren: Untuk Pangan, Bioenergi, dan Konservasi/Penyusun, A. Lay....[*et al.*];
Penyunting, Elna Karmawati, Deciyanto Soetopo, dan Hengky Novarianto.--
Jakarta: IAARD Press, 2017.
xiii, 147 hlm.: ill.; 21 cm

1. Aren 2. Pangan 3. Bioenergi 4. Konservasi

I. Lay, A. II. Judul

ISBN 978-602-344-175-4

Penyunting:

Elna Karmawati

Deciyanto Soetopo

Hengky Novarianto

Desain Cover dan Layouter:

Agus Budiharto

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540

Telp.: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Sekretariat Badan Litbang Pertanian

Jl. Ragunan No 29 Jakarta 12540

Telp 021-7806202 Fax 022-7800644

e-mail: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

ANGGOTA IKAPI NO: 445/DKI/2012

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
KATA PENGANTAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
II. PRODUKSI DAN EKSPOR	5
Luas Areal dan Produksi	5
Ekspor Gula Aren	6
III. IKLIM DAN TANAH	9
Iklim	9
Tanah	10
IV. JENIS AREN	13
Aren Dalam	13
Aren Genjah	21
V. BUDI DAYA AREN	25
Bahan Tanaman	25
Pesemaian dan Pembibitan	27
Penanaman	30
Pemupukan	31
Pengendalian Hama dan Penyakit	33
Rehabilitasi	35
VI. PENYADAPAN NIRA	37
Teknik Penyadapan	37
Karakteristik dan Pengawetan Nira	38
VII. PRODUK BAHAN PANGAN DAN DIVERSIFIKASI PRODUK LAINNYA	43
Produk Bahan Pangan	43

	Produk Minuman	60
	Diversifikasi Produk Lainnya	74
VIII	BIOENERGI	79
	Permasalahan dan Solusi	80
	Bioetanol	82
	Mutu Bioetanol Sebagai Bioenergi	94
	Bioetanol Gel	101
	Energi Biomassa	104
IX.	TANAMAN KONSERVASI	107
	Permasalahan dan Solusi	101
	Aren Tanaman Konservasi	109
X.	SOSIAL EKONOMI AREN	113
	Sulawesi Utara	114
	Gorontalo	115
	Jawa Barat	116
	Banten	117
	Kalimantan Timur	119
	Sumatera Barat	120
XI.	PENGEMBANGAN KE MASA DEPAN	123
	Permasalahan	123
	Dasar Pertimbangan	123
	Operasional Pengembangan	125
	DAFTAR PUSTAKA	129
	GLOSSARY	137
	INDEKS	140
	PROFIL PENULIS	145

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Luas areal dan produksi aren tahun 2009	7
2. Kadar unsur hara daun Aren Dalam Tomohon dan kriteria batas kritis unsur hara daun	11
3. Produksi dan waktu penyadapan nira aren di Langowan Sulawesi Utara	15
4. Karakteristik Aren Dalam pada beberapa lokasi di Tomohn Sulawesi Utara	16
5. Produksi nira Aren Dalam di Desa Poopo Bolaang Mongondow Sulawesi Utara	17
6. Karakteristik Aren Dalam Tomohon, Balangan, Pasaman dan Tapanuli Selatan	19
7. Rata-rata produksi nira Aren Dalam Tomohon di Desa Tara Tara, Kayawu dan Pinaras	20
8. Produksi nira Aren Genjah Kutim tahun 2009-2011	23
9. Kadar air, daya kecambah dan potensi tumbuh benih aren pada perlakuan penyadapan	27
10. Karakteristik nira aren yang hasil sadapan pagi hari di Desa Kayawu Tomohon Sulawesi Utara	36

11.	Karakteristik gula semut nira aren dari Desa Hariang Lebak Banten	49
12.	Karakteristik nira aren sebelum dan sesudah filtrasi	56
13.	Karakteristik etanol dari nira aren dan etanol komersial	69
14.	Karakteristik etanol dari nira aren dan etanol komersial kadar 70-95 %	71
15.	Pengaruh derajat BAC terhadap perilaku, gangguan mental dan fisik akibat mengkonsumsi minuman alkohol.....	73
16.	PBHH dan nilai efisiensi pakan pada konsentrat APA dalam ransum sapi	75
17.	Analisis ekonomi penggunaan APA sebagai pakan sapi Ongole	76
18.	Kinerja alat pengolahan etanol sistem sinambung	83
19.	Kinerja alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda	93
20.	Karakteristik etanol pada unit operasi pengolhan etanol sistem evaporator-destilator ganda	96
21.	Standar mutu etanol (SNI)	99
22.	Standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar .	100
23.	Pendapatan petani aren di Desa Baruh Bukit Tanah Datar Sumatera Barat	121
24.	Jenis pekerjaan dan curahan tenaga kerja keluarga pengolah gula aren di Desa Baruh Bukit Tanah Datar Sumatera Barat	122

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Aren Dalam: (a) pohon dewasa, dan (b) pohon sedang disadap	13
2. Aren Genjah Kutim: (a) keadaan populasi, dan (b) pohon siap sadap (kanan)	22
3. Benih aren berkecambah; (a) warna putih adalah apokol, dan (b) kecambah yang telah bertunas dan berakar	25
4. (a) Tahap pertumbuhan benih sampai menjadi bibit aren, dan (b) pembibitan aren di rumah kaca	26
5. (a) Gejala serangan hama <i>Oryctes rhinoceros</i> pada daun aren, dan kumbang <i>Oryctes rhinoceros</i>	31
6. (a) Penyakit bercak daun <i>Helminthosporium</i> sp, dan (b) bercak daun <i>Pestalotiopsis</i> sp pada daun aren	32
7. (a) pH meter digital, dan (b) handrefractometer .	44
8. (a) Ayakan gula semut, dan produk gula semut .	46
9. Diagram alir pengolahan gula semut skala petani	47
10. Alat penghancur dan penghalus butiran gula semut	45
11. Diagram alir pengolahan gula semut model Hariang Banten	50
12. Diagram alir pengolahan gula kristal dari nira aren	53
13. Skema unit membran ultrafiltrasi untuk penjernihan nira	55
14. Diagram alir pengolahan tepung aren	58

15.	Diagram alir pengolahan anggur palma	63
16.	(a) Termometer, dan (b) alkoholmeter	66
17.	Diagram pengolahan alkohol dari nira aren	68
18.	Alat pengolahan etanol sistem sinambung	83
19.	(a) Zeolit alam, dan zeolit sintetis 3 Å	84
20.	Diagram alir pengolahan etanol pada alat pengolahan sistem sinambung	82
21.	Desain alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda	84
22.	Diagram alir pengolahan etanol pada alat pengolahan sistem evaporator-destilator ganda .	91
23.	Skema pengolahan bioetanol dari nira aren model Poopo Bolaang Mongondow Sulawesi Utara	98
24.	Diagram alir pembuatan bioetanol gel	101
25.	Api hasil pembakaran bioetanol gel	102
26.	(a) Model kompor berbahan bakar bioetanol gel, dan (b) penggunaan kompor bahan bakar bio- etanol gel	103

KATA PENGANTAR

Tanaman aren telah lama di kenal masyarakat Indonesia, yang manfaatnya sebagai sumber pangan, bahan baku industri dan bahan kerajinan. Aren merupakan tanaman yang unik, sebagai tanaman hutan, perkebunan dan pangan. Pengembangannya terbatas dan hampir dilupakan, walaupun tanpa budi daya yang intensif dapat tumbuh baik dan menghasilkan.

Buku ini disusun berdasarkan rujukan dari hasil penelitian dan observasi tanaman aren pada berbagai sentra produksi aren, informasi lapang dan literatur, yang menguraikan tentang aspek produksi, ekspor, iklim, tanah, jenis aren, budi daya, panen dan penyadapan, pengolahan, sosial ekonomi dan pengembangannya. Pada buku ini, juga diuraikan pengolahan aneka produk aren skala kelompok tani, serta sosial ekonomi aren pada berbagai daerah sentra produk aren di Indonesia. Informasi yang disajikan ini, diharapkan dapat memberi pemahaman dan wawasan untuk menunjang pengembangan aren di masa mendatang.

Dalam buku yang berjudul: Bicara tentang aren dan bioetanol. PT Seho Sulawesi Utara, yang ditulis Bapak Johan Sinyo Mononutu (2012), mengungkapkan bahwa AREN singkatan dari *Aneka Ragam Energi Nabati*. Aren dalam bahasa Manado-Minahasa disebut SEHO dan nira aren adalah SAGUER. SEHO (*Sumber Energi Hari Esok*), dan SAGUER (*Serba Guna Energi Rakyat*).

Dengan selesai disusunnya buku ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Ismail Maskromo, MSi; Kepala Balai Penelitian Tanaman Palma, yang memberi kesempatan untuk penyusunan buku ini. Terima kasih

kepada rekan-rekan Peneliti: Prof. Dr. Ir. M.L.A. Hosang, MS., Ir. Rindengan Barlina, MS., Ir. N. Mashud, MS., Ir. E.T. Tenda, MS., Ir. R. B. Maliangkay, MS, Patrik M. Pasang, SP MT, dan Yohanis R. Matana SP, MSi, yang telah menyediakan materi penulisan sebagai hasil penelitian yang dikerjakan dalam waktu cukup lama.

Secara khusus, penulis menyampaikan terima kasih tak terhingga kepada Prof. Dr. Ir. H. Novarianto, MS; Ahli Pemulia Tanaman, atas saran pengembangan varietas aren produksi tinggi yang sesuai dengan habitatnya, Ir. Douwes Dekker Malik, MS, PhD; Dosen Fakultas Pertanian Unsrat Manado, atas saran untuk menjelaskan secara detil mengenai isi tulisan dalam buku ini, agar praktis diaplikasikan oleh pengguna, dan Prof. Dr. Ir. Deciyanto, MS, selaku Editor/Penyunting dari IAARD Press Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, yang telah berkenan mengoreksi secara rinci isi buku ini, serta Bapak Johan Sinyo Mononutu; Direktur PT. Seho Sulawesi Utara, atas saran dan dedikasinya dalam merintis pengembangan dan pemanfaatan bioetanol dari nira aren di Indonesia.

Penulis menyampaikan terima kasih bertutut-turut kepada E. Manaroinson, SP, MSi, Junaid Akuba, S.Sos, dan Sdri. Ajeng Ary Prastowo, Pegawai Balai Penelitian Tanaman Palma, yang telah membantu penulis dalam mengedit naskah, sampai selesai disusun buku ini. Perkenankan penulis menyampaikan terima kasih kepada IAARD Press, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, atas kesediaannya untuk menerbitkan buku ini.

Kiranya buku ini, dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi serta aplikasi praktis dalam pengembangan tanaman aren. Diharapkan buku ini dapat

memberi manfaat bagi Pelajar dan Mahasiswa untuk melengkapi informasi/inovasi teknologi budidaya dan pascapanen aren. Bagi pengusaha dan pengambil kebijakan, buku ini dapat menjadi informasi dalam membantu perencanaan dan pengembangan aren, agar memberi manfaat yang optimal sebagai tanaman penghasil pangan, bioenergi dan tanaman konservasi.

Akhirnya penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi, dimulai pengumpulan materi tulisan, penyusunan hingga penerbitan buku ini.

Manado, Oktober 2017
Penulis,

BAB I

PENDAHULUAN

Tanaman aren (*Arenga pinnata* MERR) termasuk famili Palma, tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Aren tumbuh di daerah perbukitan dengan curah hujan relatif tinggi dan merata sepanjang tahun. Aren tumbuh alami di hutan, penyebaran benihnya dilakukan oleh musang dan sebagian kecil yang dibudidayakan (Soeseno, 1991).

Aren mempunyai banyak nama daerah seperti : Bakjuk, Bakjok (Aceh), Pola, Paula (Karo), Bagot (Toba), Agaton, Bargat (Mandailing), Anau, Neluluk, Nanggong (Jawa), Aren, Kawung (Sunda), Hanau (Dayak, Kalimantan), Onau (Toraja, Sulawesi), sedangkan di Ambon/Maluku: Mana dan Nawanawa (Mashud, *et al*, 2011). Dilaporkan Smith (1988), nama aren di beberapa negara di Asia Tenggara, yakni Enau, Kabong dan Berkat (Malaysia), Kaong, Bagobat dan Hidiok (Philipina), Taung-ong (Myanmar), Chuek dan Chrae (Kambodja), Ta:w dan Ta:d (Laos), Chock dan Tao (Thailand).

Usaha budi daya aren yang intensif mulai digalakkan pada awal tahun 2000-an. Teknologi pengolahan aren masih dilakukan secara sederhana. Produk aren antara lain gula merah, kolang kaling, cuka dan minuman beralkohol, dengan orientasi pasar lokal. Pemanfaatan aren pada umumnya masih terbatas untuk kebutuhan secara tradisional sehingga nilai tambah belum optimal, karena itu peranannya dalam perekonomian daerah dan nasional kurang menonjol, meski produk yang dihasilkan telah memberikan pendapatan bagi sebagian masyarakat pedesaan.

Komponen hasil tanaman aren yang meliputi daun, nira, batang dan akar, dapat dimanfaatkan, tetapi bagian yang paling bernilai ekonomi adalah nira. Nira dimasak menjadi gula aren, dan produk gula aren banyak digunakan sebagai pemanis untuk berbagai macam makanan dan minuman, baik yang diolah secara tradisional di pedesaan maupun secara pabrikasi.

Pada skala industri gula aren digunakan sebagai bahan baku pada pengolahan kecap. Produk lain dari nira di produksi menjadi minuman beralkohol, jika dikonsumsi secara berlebihan akan dapat menimbulkan masalah kerawanan sosial dan pemicu masalah kriminal, karena itu dibutuhkan solusi bijak, antara lain secara bertahap mengalihkan fungsi etanol dari minuman menjadi bahan farmasi dan bahan bakar.

Pengolahan nira aren dapat menghasilkan berbagai produk, antara lain minuman ringan, alkohol, gula merah, gula semut dan anggur palma skala rumah tangga dan skala kecil-menengah, teknologinya tersedia, namun dalam penerapannya beberapa permasalahan yang perlu tindakan pengendalian, yakni teknis proses dan penggunaan berbagai peralatan, untuk mengoptimalkan sistem pengolahan dan mutu produk sehingga dihasilkan produk akhir dengan hasil yang tinggi, mutu stabil, dan tahan simpan untuk waktu yang cukup lama.

Permasalahan umum yang dihadapi petani/pengolah gula aren, antara lain produktivitas rendah, mutu beragam dan kemasan yang kurang baik, sehingga harga jual rendah. Keadaan ini mengakibatkan pengolahan gula semut pada tingkat petani/perajin kurang berkembang. Selain itu, pada agroindustri gula semut dihadapkan pada masalah

penanganan pertanaman aren yang tersebar luas, dengan jumlah terbatas, produktivitas rendah, pengumpulan nira aren kurang efisien, teknologi pengolahan, peralatan pengolahan, modal kerja, dan terbatasnya jaringan pemasaran.

Saat ini, aren mulai mendapat perhatian yang serius dari berbagai pihak untuk dikembangkan menjadi komoditas agribisnis, karena manfaatnya dapat menghasilkan berbagai produk komersial seperti gula semut, gula kristal, tepung, sowan, anggur palma, alkohol atau bioetanol untuk bioenergi. Aren mempunyai keunggulan dibandingkan dengan tanaman penghasil gula lainnya ditinjau dari persyaratan tumbuh, misalnya dibanding tanaman tebu sebagai sumber gula membutuhkan lahan yang datar, subur dan luas, sedangkan ketersediaan lahan untuk perluasnya terbatas.

Aren tumbuh pada tanah berbukit, tanah kritis dan dapat menjadi tanaman konservasi karena sifat perakaran, daya cengkeraman yang kuat, tumbuh pada sebaran topografi mulai dari wilayah pantai sampai wilayah pegunungan. Tanaman aren kurang memerlukan perlakuan khusus dan tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, topografi datar sampai curam, dapat dimanfaatkan untuk pelestarian hutan, tanah dan air.

Pengembangan aren sebagai komoditas agribisnis, memerlukan pemahaman yang lebih detail dan komprehensif mengenai potensi aren, tantangan dan solusi pengembangannya. Luas aren di Indonesia sekitar 65.046 ha, dengan produksi setara gula merah 42.108 ton/tahun (Ditjenbun, 2011), yang merupakan potensi ekonomi, di samping manfaatnya sebagai sumber pangan dan tanaman konservasi.

Tantangan lain adalah bagaimana memformulasi kondisi yang ada sekarang, agar aren dapat memberikan

manfaat sebesarbesarnya bagi masyarakat aren. Solusinya adalah program dan kegiatan pemberdayaan petani untuk memanfaatkan potensi aren dengan teknologi aplikatif untuk menghasilkan manfaat dan nilai tambah yang maksimal. Kelompok tani yang produktif dan adanya program pengembangan aren pada daerah sentra produksi aren dengan sasaran satu atau dua produk unggulan. Pengembangan produk unggulan yang dilakukan secara massal merupakan langkah yang bijaksana dalam menunjang peningkatan pendapatan petani aren.

Dukungan penyediaan bibit unggul, rehabilitasi areal hutan aren, penyediaan alat/mesin pengolahan dari pemerintah/instansi teknis merupakan faktor penentu bagi keberhasilan pengembangan aren, dengan peran utama kelompok tani dalam wadah koperasi. Diperlukan pembinaan kontinu dari instansi teknis dan menciptakan jaringan pemasaran untuk pasar lokal, antar pulau dan ekspor melalui mitra usaha, merupakan solusi bagi pengembangan aren pada masa depan (Lay dan Heliyanto, 2011).

BAB II

PRODUKSI DAN EKSPOR

Luas Areal dan Produksi

Luas areal aren di Indonesia tahun 2009 mencapai 65.406 ha, yang terdiri dari 18.287 ha (28,0 %) tanaman muda, 39.336 ha (60 %) tanaman produktif dan 7.783 ha (12 %) tanaman rusak atau tidak produktif. Total produksi 42.018 ton (dihitung sebagai gula merah). Seluruh pengusahaan aren saat ini berupa perkebunan rakyat, yang penanganannya dilakukan secara tradisional.

Pengolahan gula merah dilakukan pada berbagai daerah sesuai potensi dari beberapa jenis tanaman palma yang dapat memproduksi nira. Gula merah dari aren dilakukan petani di seluruh daerah yang berpotensi aren di Indonesia. Pengolahan gula kelapa umumnya hanya dilakukan petani di Jawa dan Sumatera. Pengolahan gula nipah dilakukan petani di daerah spesifik pasang surut, seperti di Sumatera dan Kalimantan, sedangkan pengolahan gula merah dari nira lontar terbatas pada daerah yang berpotensi lontar, umumnya pada daerah beriklim kering, seperti Nusa Tenggara Timur, Madura dan sebagian wilayah Sulawesi Selatan.

Produksi gula merah tahun 2009 sebesar 110.339 ton, yang berasal dari produksi gula kelapa 56.378 ton (51,1 %), gula aren 42.018 ton (38,1 %), gula lontar 10,5 % dan terendah gula nipah sebanyak 0,3 %. Luas areal pertanaman aren dan produksi gula aren terbesar adalah Jawa Barat, menyusul Sumatera Utara, Bengkulu, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Maluku Utara (Ditjenbun, 2011).

Usaha pengembangan dan budidaya aren di Indonesia sangat memungkinkan, masih cukup luas lahan tidak produktif, juga dapat memenuhi kebutuhan konsumsi di dalam negeri akan produk aren seperti gula merah. Selain itu, ikut melestarikan sumber daya alam dan lingkungan hidup (Mashud, *et al*, 2013).

Ekspor Gula Aren

Produk aren selain sebagai komoditas lokal dan domestik, juga diekspor. Tahun 2000 diekspor gula aren atau gula merah sebanyak 479.542 kg ke manca negara, tahun 2001 meningkat menjadi 677.078 kg, dengan nilai US\$ 368.190. Negara tujuan ekspor Jepang, Hongkong, Singapura, Filipina, Malaysia, dan Brunei Darussalam. Tahun 2003, harga gula merah pada tingkat petani dan pengumpul sebesar 1,2 dollar AS/kg, dengan permintaan ekspor dalam jumlah yang cukup banyak, namun tidak dapat dipenuhi karena gula merah kurang tersedia. Beberapa pengusaha di Jawa Tengah, mengekspor gula aren sebanyak 15 ton/bulan dengan tujuan ekspor Timur Tengah. PT. Purna Bakti di Serang Banten, mengekspor gula semut sebanyak 80 ton/bulan ke Nissin Sugar Co., Ltd. di Jepang (Duryatmo, 2003).

Pada akhir-akhir ini, dengan semakin berkembangnya pengolahan nira aren menjadi etanol atau bioetanol sebagai bahan bakar nabati ramah lingkungan, maka patut dikembangkan peningkatan nilai tambah komoditas dan pendapatan masyarakat aren. Oleh karena itu, penanaman, pembudidayaan tanaman aren secara intensif mempunyai prospek yang baik di masa datang, terutama di Wilayah Indonesia Bagian Timur yang sangat memungkinkan pengembangan aren pada areal yang luas.

Tabel 1. Luas areal dan produksi aren tahun 2009.

No.	Provinsi	Luas areal (Ha)	Produksi (Ton)
1.	Aceh	2.719	3.684
2.	Sumatera Utara	4.705	3.115
3.	Sumatera Barat	1.638	1.256
4.	Riau	112	57
5.	Kepulauan Riau	-	-
6.	Jambi	276	82
7.	Sumatera Selatan	1.108	250
8.	Kepl. Bangka Belitung	921	194
9.	Bengkulu	3.261	3.025
10.	Lampung	1.181	28
11.	DKI Jakarta	-	-
12.	Jawa Barat	14.031	7.842
13.	Banten	2.960	1.707
14.	Jawa Tengah	2.600	2.863
15.	DI. Yogyakarta	116	10
16.	Jawa Timur	815	789
17.	Bali	574	100
18.	Nusa Tenggara Barat	1.070	258
19.	Nusa Tenggara Timur	-	-
20.	Kalimantan Barat	943	52
21.	Kalimantan Tengah	251	13
22.	Kalimantan Selatan	2.424	1.643
23.	Kalimantan Timur	1.382	405
24.	Sulawesi Utara	6.140	3.250
25.	Gorontalo	791	583
26.	Sulawesi Tengah	272	50
27.	Sulawesi Selatan	6.253	4.269
28.	Sulawesi Barat	-	-
29.	Sulawesi Tenggara	3.806	3.377
30.	Maluku	-	-
31.	Maluku Utara	5.056	3.127
32.	Papua	-	-
33.	Papua Barat	-	-
Jumlah		65.406	42.018

Sumber: Ditjen Perkebunan (2011).

BAB III

IKLIM DAN TANAH

Iklim

Tanaman aren agar tumbuh dan berproduksi dengan baik membutuhkan curah hujan 1.000-2.250 mm/tahun, dengan suhu optimum 27 °C. Faktor lingkungan dominan bagi pertumbuhan aren adalah curah hujan. Curah hujan yang dibutuhkan merata sepanjang tahun atau dengan hari hujan 7-10 bulan dalam setahun (Akuba, 1993). Curah hujan yang tinggi umumnya dijumpai pada wilayah pegunungan. Air hujan tidak mempengaruhi pertumbuhan aren secara langsung, melainkan berpengaruh terhadap kelembaban tanah. Daerah dengan curah hujan ≤ 100 mm setahun, tidak mempunyai persediaan air tanah yang cukup untuk melembabkan tanah, akan menyebabkan pohon aren tumbuh merana (Soeseno, 1991).

Pertumbuhan aren optimal pada ketinggian 500–700 m dpl, dengan curah hujan lebih dari 1.200-3.500 mm/tahun. Kelembaban udara dan curah hujan yang tinggi berpengaruh dalam pembentukan mahkota daun. Untuk pertumbuhan dan pembuahan, aren membutuhkan suhu 25-27 °C (Mashud, *et al*, 2013).

Kecamatan Langowan merupakan salah satu wilayah sentra produksi aren di Minahasa Sulawesi Utara, terletak pada ketinggian 400-500 m dpl, curah hujan selama tahun 2005 mencapai 2.322 mm/tahun, curah hujan yang cukup tinggi menunjang pertumbuhan aren yang baik. Daerah Tomohon Sulawesi Utara, sebagai sentra produksi aren,

terletak pada ketinggian 775-950 m dpl, beriklim basah, curah hujan relatif merata sepanjang tahun. Curah hujan terendah Juni-September berkisar 158-313 mm, dan tertinggi November-Maret 315-790 mm/bulan (Manaroinsong, *et al*, 2006).

Di Kutai Timur dengan musim kemarau bulan Mei-Oktober, diselingi musim peralihan pada bulan-bulan tertentu. Suhu rata-rata 25–34 °C, kelembaban udara harian 80%. Curah hujan selama 5 tahun (2005–2009) pada lokasi Aren Genjah Kutim di Kalimantan Timur berkisar 896-2.013 mm/tahun, jumlah hari hujan 66-130 hari hujan/tahun (Tenda, 2011).

Tanah

Pohon aren tidak membutuhkan kondisi tanah dengan karakter spesifik, dapat tumbuh pada tanah-tanah liat dan berpasir, aren tidak tahan pada tanah masam (pH yang rendah). Aren tumbuh pada berbagai agro-ekosistem, mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan, namun untuk pertumbuhan yang optimal membutuhkan tekstur tanah tertentu.

Aren dapat tumbuh baik di daerah pegunungan, lembah-lembah, dekat aliran sungai, mata air, yang banyak dijumpai di daerah hutan. Tanaman aren sangat cocok pada kondisi lahan yang landai dan tekstur tanah liat berpasir. Untuk pengembangan perkebunan aren adalah dekat dengan aliran sungai, tersedia prasarana jalan untuk kemudahan pengangkutan sarana produksi dan produksi.

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa lokasi pertanaman aren di Tomohon, tanahnya tergolong jenis liat

berpasir dan masam. Unsur hara yang ketersediaannya tinggi adalah P. Hasil analisis kandungan unsur hara pada daun ternyata yang ketersediaannya yang tergolong kritis adalah unsur K dan Mg. Sedangkan unsur N, P dan Ca cukup tersedia. Hal ini menunjukkan bahwa Aren Dalam Tomohon cukup baik menyerap unsur hara (Table 2).

Tabel 2. Kadar unsur hara daun Aren Dalam Tomohon dan kriteria batas kritis unsur hara daun.

Unsur	Tomohon	Batas Kritis unsur hara daun
N (%)	2,45	1,8-2,0
P (ppm)	0,16	0,12
K (ppm)	0,89	0,8-1,0
Ca (ppm)	0,94	0,5
Mg (ppm)	0,27	0,3

Sumber: Tenda (2014)

Aren dapat tumbuh baik di daerah pegunungan, lembah-lembah, dekat aliran sungai, mata air, yang banyak dijumpai di daerah hutan. Tanaman aren sangat cocok pada kondisi lahan yang landai dan tekstur tanah liat berpasir. Untuk pengembangan perkebunan aren adalah dekat dengan aliran sungai, tersedia prasarana jalan untuk kemudahan pengangkutan sarana produksi dan produksi.

Penanda alami yang dapat dipakai sebagai penunjuk adalah terdapatnya pohon aren pada areal yang akan diusahakan, tidak ada genangan air, aerasi tanah kurang baik pada tanah dominan liat, tanah dominan pasir tidak mempunyai kemampuan menahan air, dan tidak dijumpai lapisan tanah cadas pada kedalaman < 2 m. Kondisi fisik tanah adalah tanah dengan struktur gembur, tanah vulkanis

dilereng-lereng gunung, dan tanah liat berpasir sepanjang daerah aliran sungai (Soeseno, 1991).

BAB IV

JENIS AREN

Aren, dibagi dalam 2 aksesori yaitu Aren Dalam dan Aren Genjah. Aren Dalam, dengan tinggi batang lebih dari 10 m. Ukuran fisik pohon Aren Dalam lebih besar dan daun lebih banyak, dibanding Aren Genjah (Gambar 1).



(a)

(b)

Gambar 1. Aren Dalam: (a) pohon dewasa, dan (b) pohon sedang disadap (Mashud, *et al*, 2013).

Aren Dalam

Aren Dalam banyak dijumpai di Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Kalimantan Selatan, Sumatera barat, Sumatera Utara dan Aceh. Di Sulawesi Selatan, penyadapan aren di mulai pada umur 8-9 tahun, saat keluarnya mayang jantan. Penyadapan dilakukan pagi dan sore hari. Setiap tahun

disadap 3-12 mayang dengan hasil rata-rata 6,7 l/hari. Produksi nira 900-1.600 l/ pohon/tahun (Alam dan Baco, 2004). Di Sulawesi Utara, penyadapan aren berlangsung selama 3-4 bulan. Pada populasi 200 pohon/ha, aren dapat disadap sebanyak 85 %. Penyadapan aren sebanyak 35 pohon, dihasilkan 70 kg gula/ha/hari atau 25 ton gula/ha/tahun. Pohon aren, tingginya 15 m dengan diameter batang 40 cm, disadap selama 1-2 tahun, hasil rata-rata nira 30 l atau sekitar 5 kg gula/hari (Smith, 1988).

Produksi nira yang dihasilkan setiap pohon aren tergantung jumlah mayang jantan yang keluar dalam setiap pohon, dan hasilnya berbeda setiap tandan. Pohon aren dengan ukuran batang besar dan tinggi merupakan penghasil nira yang banyak. Produksi nira aren dalam tertinggi pada penyadapan mayang pertama, dan akan menurun pada mayang kedua dan seterusnya. Produksi nira optimal berkisar 10-20 l/hari.

Penyadapan mayang kedua dari pohon aren dengan batang berdiameter kecil dan pendek, produksi nira berkisar 4-8 l/hari. Kemampuan petani menyadap aren di Minahasa, berkisar 5-10 pohon atau rata-rata 7 pohon/ha, dengan produksi nira 10-20 l nira/pohon/hari (Lay, *et al*, 2004).

Di Minahasa Sulawesi Utara pada areal homogen aren sekitar 100 pohon/ha, produktivitas aren sekitar 20 ton gula/ha/tahun, dibanding dengan tebu 5-15 ton gula/ha/tahun. Di Tomohon Sulawesi Utara, aren tumbuh pada ketinggian 700-800 meter dpl, dapat menghasilkan nira aren sebanyak 12-15 l/hari, kadar gula 12-15%, penyadapan mencapai satu tahun/mayang (Dalibard, 1999). Di Sulawesi Utara, terdapat aren dengan produktivitas mencapai sekitar 35-40 l nira aren/hari/pohon (Mogea, 1991).

Pengamatan pada contoh pertanaman aren di Langowan Sulawesi Utara, selang tahun 2006 terhadap lama penyadapan dan produksi nira aren, menunjukkan bahwa produksi tertinggi di Atep (18 l/ hari) dan terendah di Manembo 13,6 l/hari (Tabel 3).

Tabel 3. Produksi dan lama penyadapan nira aren di Langowan Sulawesi Utara.

No.	Lokasi	Lama penyadapan (hari)	Produksi total nira (L)	Produksi rata-rata (L/hari)
1.	Manembo	83-131	1.074- 1.700	12,9-13,0
2.	Atep	29- 93	269- 1.335	9,3-14,4
3.	Palamba	75- 98	1.074- 1.565	14,3-16,0

Sumber : Manaroinsong, *et al* (2006).

Pengamatan di Tomohon pada tiga desa (Pinaras, Taratara dan Woloan), masing-masing 10 pohon contoh, menunjukkan bahwa karakteristik aren dalam yang beragam. Aren dalam di Tomohon, tinggi batang berkisar 13,6 – 15,4 m dan mulai disadap umur 10-12 tahun, memiliki mayang jantan 8 buah, tetapi umumnya yang disadap hanya sampai tandan ke-7. Setiap mayang rata-rata dapat disadap selama 2,9 bulan. Produksi nira dan lama penyadapan dari mayang 1-7, produksi nira menurun setelah tandan ke 3. Pada mayang ke-1 dan ke-2 produksi nira relatif seragam, pada mayang ke-3 produksi nira menjadi 836 l, dan menurun sampai mayang ke-7 yakni 148 l/mayang/pohon/ tahun (Tabel 4).

Tabel 4. Karakteristik Aren Dalam pada beberapa lokasi di Tomohon Sulawesi Utara.

No.	U r a i a n	Pinaras	Tara Tara	Woloan
1.	Tinggi pohon (m)	15,4	13,6	15,4
2.	Jumlah mayang betina (buah)	9,0	8,8	7,2
3.	Jumlah mayang jantan (buah)	3,0	7,8	5,0
4.	Umur mulai disadap (tahun)	10-12	10-12	10-12
5.	Jumlah mayang disadap (buah)	6,3	5,7	4,8
6.	Hasil nira (L/hari)	30,5	31,5	27,0
7.	Hasil rata-rata (L/hari/mayang)	4,8	5,6	5,7
8.	Kadar gula nira (°Brix)	14,0	13,7	13,0
9.	Lama penyadapan nira (bulan)	6,5	6,3	5,2

Sumber : Tenda (2009).

Pohon aren dengan produksi tinggi dapat dicirikan sebagai berikut: (a) pembentukan mayang betina pertama dan mayang jantan pertama hampir secara bersamaan, (b) batang besar dan tinggi, (c) tumbuh pada lahan agak datar sampai datar, (d) warna daun hijau, ukuran daun yang lebar. Sedangkan aren produksi rendah ditandai: (a) daun agak kuning, (b) pohon kecil dan tinggi, (c) pembentukan mayang betina pertama lebih dahulu dengan selisih waktu sekitar 6 bulan, dan (d) umumnya tumbuh pada lahan miring.

Di Desa Poopo, merupakan sentra produksi aren di Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, terdapat tiga kelompok aren, yakni: (a) Produksi tinggi; menghasilkan 9 mayang, waktu penyadapan sekitar 3 tahun, (b) Produksi sedang; produksi 7 mayang, lama penyadapan sekitar 28 bulan, dan (c) produksi rendah; produksi 6 mayang, dengan waktu penyadapan sekitar 16 bulan (Tabel 5).

Tabel 5. Produksi nira Aren Dalam di Desa Poopo Bolaang Mongondow Sulawesi Utara

Urutan Mayang	Produksi Tinggi		Produksi Sedang		Produksi Rendah	
	Prod. nira (L)	Lama sadap (bln)	Prod. nira (L)	Lama sadap (bln)	Prod. nira (L)	Lama sadap (bln)
1.	25	9	20	6	15	4
2.	20	7	15	5	10	3
3.	13	5	10	4	5	3
4.	10	4	5	4	5	2
5.	8	3	5	3	4	2
6.	6	2	5	3	4	2
7.	6	2	5	3	-	-
8.	5	2	-	-	-	-
9.	5	2	-	-	-	-

Sumber: Manansah (2012).

Keterangan :

- Aren produksi tinggi; tinggi pohon 10-12 m, mulai sadap pada umur 10 tahun, lama sadap sekitar 3,0-3,5 tahun.
- Aren produksi sedang; tinggi pohon 8-9 m, mulai sadap pada umur 8 tahun, lama sadap 2,0-2,5 tahun.
- Aren produksi rendah; tinggi pohon 6-7 m, mulai sadap pada umur 7 tahun, lama sadap 1,0-1,5 tahun.

Daerah Jawa Barat, yang merupakan sentra produksi aren di Pulau Jawa, dikenal dua tipe Aren Dalam, yakni Aren Bagong dan Aren Saeran. Aren Bagong tinggi batang rata-rata 17,1 m, panjang tangkai daun 200,4 cm. Aren Saeran batang lebih pendek (15,4 m), tangkai daun lebih pendek (141,5 cm), sedangkan karakteristik lainnya seragam. Aren dalam sebagai sumber benih memiliki kriteria: batang pohon besar, pelepah daun merunduk, rimbun dan tebal, memiliki 20-30 helaian daun/pohon, pohon sudah dikenal, pohon sudah berbunga, dan sedang disadap (Tampake dan Wardiana, 1994).

Produksi nira Aren Dalam Tomohon tergolong tinggi karena produksi nira per hari pada pengamatan tahun 2012 sampai 2014 setiap tahun masing-masing berkisar 25 – 38 l, 24 – 36 l dan 24 – 30 l, lama penyadapan per tandan 6,3; 6,5 dan 5,2 bulan. Dengan demikian hasil nira optimal per mayang untuk populasi Aren Dalam Tomohon berkisar 4.860 - 6.237 l, sedangkan di Kecamatan Bendahara Kabupaten Aceh Timur rata-rata hasil nira per mayang untuk populasi Aren Dalam hanya 912 l (Tenda, 2014).

Karakteristik beberapa Aren Dalam yang berasal dari Balangan (Kalimantan Selatan), Pasaman (Sumatera Barat), dan Tapanuli Selatan (Sumatera Utara), dibandingkan dengan Aren Dalam Tomohon (Sulawesi Utara), seperti tertera pada Tabel 6). Pada Tabel 6, menunjukkan bahwa Aren Dalam Tomohon memiliki rata-rata produksi nira lebih tinggi dibandingkan Aren Dalam di Balangan, Pasaman dan Tapanuli Selatan, disebabkan panjang anak daun yang lebih panjang, terkait proses fotosintesa untuk memproduksi nira. Pengamatan terhadap 10 pohon contoh Aren Dalam Tomohon yang terdapat di desa Tara-tara, Kayawu dan Pinaras, menunjukkan lama penyadapan, produksi nira dan produksi nira rata-rata harian yang beragam (Tabel 7).

Dilaporkan Tenda (2014), bahwa sifat penting Aren Dalam Tomohon, yakni: (a) Memiliki produksi nira tinggi rata-rata >30 l per mayang per hari, (b) Masa sadap panjang > 3 bulan, (c) Jumlah mayang jantan yang dapat disadap banyak, dan (d) Potensi produksi benih tinggi, produksi benih Aren Dalam seluas 136 hektar.

Tabel 6. Karakteristik Aren Dalam Tomohon, Balangan, Pasaman dan Tapanuli Selatan

No.	Karakter	Tomohon	Balangan	Pasaman	Tapanuli Selatan
1	Tinggi batang (m)	14,5	10,0	11,41	7,19
2	Lilit batang (cm)	106,8	121,4	126,0	109
3	Jumlah daun hijau	14,3	15,5	13,92	8,83
4	panjang tangkai daun(cm)	173,2	188,8	192,0	232,0
5	Panjang rachis (cm)	921,2	576,8	656,0	536,0
6	Panjang anak daun (cm)	200,4	147,7	139,0	121,0
7	Lebar anak daun (cm)	8,6	10,2	6,7	6,2
8	Jumlah mayang betina	7,8	5,8	4,9	3,67
9	Jumlah mayang jantan	12,6	10,8	5,0	5,67
10	Lilit tangkai mayang jantan (cm)	28,6	28,9	26,0	38,0
11	Panjang tangkai mayang jantan(cm)	120,2	116,0	67,0	100
12	Lilit tangkai mayang betina(cm)	30,9	33,1	40,0	38,0
13	Panjang tangkai mayang betina(cm)	13,8	19,1	10,4	10,0
14	Panjang rangkaian mayang betina (cm)	193,9	152,7	184,0	185
15	Panjang rangkaian mayang jantan (cm)	162,0	164,6	164,0	160
16	Umur pohon mulai disadap (thn)	10	10	10	11
17	Hasil nira (l/hari)	31	14	25	25
18	Kadar Gula (%)	13,31	12,6	12,5	12,5
19	Tempat tumbuh	Lahan kering	Lahan kering	Lahan kering	Lahan kering

Sumber: Tenda (2014)

Tabel 7. Rata-rata produksi nira Aren Dalam Tomohon di Desa Tara-Tara, Kayawu dan Pinaras

Lokasi	Nomor Pohon	Lama Penyadapan (hari)	Produksi nira (L)	Produksi Rata-rata (L/hari)
Tara-tara	1	59	1161	19,67
	2	65	870	13,38
	3	129	4463	34,6
	4	212	3295	15,54
	5	79	1296	16,40
	6	34	1951	57,40
	7	47	1468	31,23
	8	57	966	16,95
	9	135	4232	31,3
	10	86	1092	12,69
Rata-rata		82,9	2079,4	27,64
Kayawu	1	84	1207	14,4
	2	54	1860	34,4
	3	62	1906	30,7
	4	54	1223	22,6
	5	83	3317	39,9
	6	61	661	10,83
	7	67	1917	28,6
	8	80	1440	18,0
	9	89	3449	38,7
	10	54	1860	34,4
Rata-rata		68,8	1884	27,25
Pinaras	1	65	2094,0	32,21
	2	57	1396,5	24,5
	3	23	499,1	21,7
	4	72	1677,6	23,30
	5	64	1452,8	22,70
	6	78	1922,7	24,65
	7	52	1014,0	19,50
	8	98	2364,7	24,13
	9	104	2633,3	25,32
	10	95	2769,2	29,15
Rata-rata		70,8	1776,4	24,65

Sumber: Tenda (2014)

Aren Dalam Tomohon ini, telah dilepas atau dirilis, Aren Dalam Tomohon telah dirilis sebagai varietas unggul dengan nama *Akel Toumuung* oleh Menteri Pertanian RI pada tanggal 13 Oktober 2014, SK No.1059/Kpts/ SR.120/10/2014. Tanda Daftar Varietas Tanaman No.132/PVL/2014 tanggal 17 November 2014. Menurut Tenda (2009), bahwa Aren Dalam sebagai pohon induk memiliki syarat-syarat: (a) Penampilan pohon yang kekar dan sehat, (b) Pohon siap sadap umur ≥ 10 tahun, (c) Bebas serangan hama penyakit, (d) Pertanaman dalam satu populasi, (e) Jumlah daun minimal 12 pelepah, (f) Warna daun hijau gelap, mengkilap, (g) Panjang pelepah daun 8-9 meter, (h) Jumlah mayang betina > 7 tandan, (i) Produksi nira ± 20 l/pohon/hari, (j) Lama sadap ≥ 3 bulan/mayang, dan (k) Kadar gula nira $\geq 12\%$.

Aren Genjah

Aren Genjah di jumpai di Bengkulu, Sumatera Barat dan Sumatera Utara, dengan nama lokal Aren Pendek, Aren Kijang dan Aren Gading. Produksi nira aren berkisar 4–10 l/hari, dengan lama penyadapan 3 bulan/mayang. Di Bengkulu dikenal 2 tipe Aren Genjah, yakni Kijang dan Kancil (Novarianto, *et al*, 1994)

Pada tahun 2009, dijumpai Aren Genjah di Desa Kandolo Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Kutai Timur, dalam bentuk tanaman yang dibudidayakan, dengan populasi homogen, dan diberi nama Aren Genjah Kutim (Gambar 2). Tinggi pohon ± 3 m, berproduksi umur 5-6 tahun, produksi nira pada penyadapan 1-7 mayang sebanyak 5.987 l, selama 478 hari penyadapan. Produksi nira Aren Genjah Kutim per hari selama 3 tahun pada 10 pohon contoh dan setiap pohon diamati satu mayang mulai awal berproduksi sampai selesai,

produksi nira tahun pertama 15,6 l, dengan lama sadap rata-rata 87,7 hari; tahun kedua produksi nira/mayang/ hari 12,1 l, lama sadap rata-rata 74,4 hari. Tahun ketiga produksi nira/mayang/hari rata-rata 14,6 l dengan lama sadap rata-rata 66,4 hari, kadar gula nira berkisar 12,1-12,4 % (Tabel 8).

Aren Genjah dengan tinggi pohon yang relatif pendek, yaitu 0,75 – 0,90 m, memiliki manfaat dan nilai ekonomi yang tinggi bagi masyarakat Kabupaten Kutai Timur, setiap mayang dapat menghasilkan nira lebih dari 12 l/hari, waktu penyadapan lebih dari 2,5 bulan/mayang. Pohon-pohon induk berpotensi menghasilkan bibit sebanyak 4.032 btr/ pohon. Aren Genjah Kutim sangat potensial digunakan pada pengembangan tanaman aren pada areal yang luas.



(a)



(a)

Gambar 2. Aren Genjah Kutim: (a) keadaan populasi, dan (b) pohon siap sadap (Tenda, 2014).

Tabel 8. Produksi nira Aren Genjah Kutim tahun 2009–2011.

Pohon	Tahun 2009		Tahun 2010		Tahun 2011	
	Prod. harian (L)	Prod. mayang (L)	Prod. harian (L)	Prod. mayang (L)	Prod. harian (L)	Prod. mayang (L)
1	17,2	1.200	9,9	731,0	17,6	1.320
2	16,0	1.500	14,0	1.402,0	12,6	946
3	15,4	970	16,6	1.430,6	18,0	1.350
4	15,0	1.475	11,5	774,0	14,2	1.065
5	15,2	1.125	11,2	704,0	13,6	1.020
6	10,0	1.125	11,2	693,0	11,3	846
7	17,0	1.445	11,1	709,0	11,5	855
8	15,0	1.500	6,4	288,0	11,8	885
9	18,2	1.170	11,6	836,0	15,2	1.132
10	16,8	1.054	12,7	850,0	17,7	1.325
Rata-rata	15,6	1.256	11,6	931,1	14,4	1.074

Sumber: Tenda (2011).

Menurut Tenda (2011) pohon induk Aren Genjah sebagai sumber benih yaitu pohon yang sudah berbunga dan sedang disadap, serta memiliki syarat-syarat: (a) Penampilan pohon kekar dan sehat, (b) Umur pohon siap disadap 5 tahun, (c) Bebas serangan hama penyakit, (d) Pertanaman aren dalam suatu populasi, (e) Jumlah daun minimal 12 pelepah, (f) Warna daun hijau gelap dan mengkilap, (g) Panjang pelepah daun 5-7 meter, (h) Jumlah mayang betina lebih dari 5 tandan, (i) Produksi nira sekitar 12 liter/pohon/hari, (j) Lama sadap ≥ 2 bln/mayang, dan (k) Kadar gula nira ≥ 12 %.

BAB V

BUDIDAYA AREN

Bahan Tanaman

Tanaman aren adalah tanaman *hapaksantik*, yakni setelah berbunga betina, maka dalam waktu hampir bersamaan diikuti dengan keluarnya bunga jantan mulai dari batang tanaman bagian atas sampai pangkal batang. Tanaman aren saat ini dikembangkan secara generatif melalui biji. Bunga betina, sejak keluar seludang sampai buah matang, berlangsung hanya 20-24 bulan. Tandan jantan sejak keluar seludang sampai bunga mekar berlangsung selama 6 bulan (Mogea, 1991).

Buah yang matang kulit buahnya berwarna kuning kecoklatan. Buah yang digunakan sebagai sumber benih harus sehat, bebas hama dan penyakit, berdiameter 5-6 cm untuk Aren Dalam, dan 3-4 cm untuk Aren Genjah. Buah aren sebagai benih dapat disimpan selama 2 minggu pada karung plastik, untuk memudahkan pemisahan biji dari buah.

Pengambilan biji dari dalam buah aren harus menggunakan sarung tangan, karena buah aren mengandung asam oksalat yang dapat menimbulkan rasa gatal. Cara lain, memeras buah aren sampai kulit buah menjadi busuk, biji dipisahkan dari daging dan kulit buah. Biji yang memenuhi syarat sebagai benih berbentuk bulat lonjong, warna hitam kecoklatan, mengkilap dan permukaan licin.

Pada pohon yang penjadapan mayang jantan pertama atau kedua yang menghasilkan nira berkisar 15-25 l/mayang/hari/pohon, dapat dijadikan pohon induk sebagai sumber

benih. Perlu dihindari melakukan penyadapan terus menerus, karena akan berdampak negatif bagi perkembangan bunga betina, menghasilkan buah yang bijinya berkerut, kempes, sehingga bila ditanam menghasilkan pohon aren yang tidak baik. Setelah bunga betina mencapai perkembangan maksimum yaitu pada umur 16-18 bulan, sejak seludang bunga betina mekar, maka mayang jantan yang keluar sesudah itu dapat dilakukan penyadapan.

Berdasarkan posisi tandan, ternyata tandan kelima, ketiga dan kesatu memiliki viabilitas yang relatif sama. Benih dengan viabilitas tinggi jika daya kecambah di atas 80%. Posisi tandan tidak berpengaruh terhadap viabilitas benih. Benih dari pohon yang disadap maupun tidak disadap serta semua posisi tandan bunga betina dapat digunakan sebagai sumber benih, karena penyadapan dan posisi tandan tidak mempengaruhi daya kecambah benih (Tabel 9).

Benih dari pohon yang disadap memiliki ukuran benih lebih kecil dibanding pohon tidak disadap, namun daya kecambah atau kemampuan tumbuh adalah sama. Air merupakan kebutuhan dasar dari benih untuk perkecambahan. Air yang terdapat dalam benih dapat meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam reaksi metabolisme benih. Kadar air tertinggi 30,87% memiliki nilai daya kecambah 84% dan kadar air 29,95% menghasilkan daya kecambah 79,77%. Benih aren harus tetap dipertahankan kadar air tetap tinggi sekitar 30% untuk mendapatkan viabilitas yang tinggi (Matana, *et al*, 2013).

Tabel 9. Kadar air, daya kecambah dan potensi tumbuh benih aren pada perlakuan penyadapan.

Perlakuan	Kadar air benih (%)	Daya kecambah (%)	Potensi Tumbuh (%)
Pohon tanpa penyadapan	29,95	79,77	100
Pohon dengan penyadapan	30,87	84,00	100
Posisi tandan bunga:			
Tanda pertama	30,24	81,75	100
Tandan ketiga	30,49	81,75	100
Tandan kelima	30,51	82,00	100

Sumber: Matana, *et al* (2013).

Benih dari pohon yang disadap memiliki ukuran benih lebih kecil dibanding pohon tidak disadap, namun daya kecambah atau kemampuan tumbuh adalah sama. Air merupakan kebutuhan dasar dari benih untuk perkecambahan. Air yang terdapat dalam benih dapat meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam reaksi metabolisme benih. Kadar air tertinggi 30,87% memiliki nilai daya kecambah 84% dan kadar air 29,95% menghasilkan daya kecambah 79,77%. Benih aren harus tetap dipertahankan kadar air tetap tinggi sekitar 30% untuk mendapatkan viabilitas yang tinggi (Matana, *et al*, 2013).

Persemaian dan Pembibitan

Salah satu metode yang dapat dipakai untuk menghasilkan daya kecambah benih aren yang tinggi adalah benih yang telah dibersihkan dari daging buah langsung ditanamkan 1-2 cm ke dalam media persemaian. Pada hari ke-30 setelah disemai, daya kecambah mencapai 50%. Tinggi

kecambah berkisar 3-5 cm dapat dipindahkan ke tempat pembibitan. Pemindahan ke pembibitan ini dilakukan sore hari untuk mencegah transpirasi yang berlebihan.

Media tumbuh yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1 : 2. Pembibitan diberi naungan setinggi 1 m, bibit aren peka terhadap sinar matahari langsung. Pemeliharaan bibit dilakukan terutama mempertahankan kelembaban media tumbuh. Untuk pertumbuhan bibit aren, perlu dipupuk.

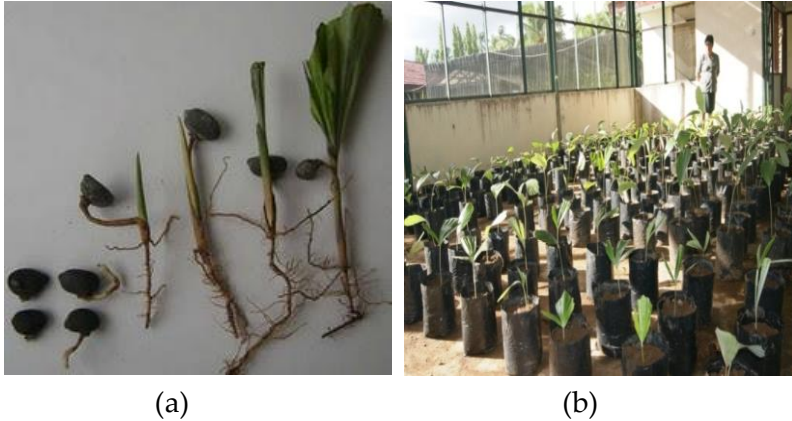


(a)



(b)

Gambar 3. Benih aren telah berkecambah; (a) warna putih adalah apokol, (b) kecambah aren telah bertunas dan berakar (Mashud, *et al*, 2013).



Gambar 4. (a) Tahap pertumbuhan benih sampai menjadi bibit, dan (b) pembibitan aren di rumah kaca (Mashud, *et al*, 2013).

Cara pemupukan dengan memasukkan pupuk ke dalam media tumbuh mengelilingi bibit pada jarak sekitar 5 cm. Pemupukan dilakukan setiap 2 bulan. Bibit yang telah berumur sekitar 11-12 bulan, dapat dipindahkan ke lokasi penanaman.

Tahapan kegiatan pesemaian dan pembibitan aren:

- (1) Pengumpulan buah; Buah sebagai benih harus matang dan sehat, ditandai kulit buah berwarna kuning kecoklatan, bebas hama-penyakit. Buah terletak di bagian luar rakila, satu tandan 25-30 rakila dan setiap rakila memiliki 150-200 buah.
- (2) Penyimpanan buah; Buah aren baru dipetik disimpan dalam karung plastik untuk memudahkan pemisahan biji dari kulit dan daging buah. Buah yang disimpan

dalam wadah plastik dengan media pasir pada suhu kamar atau sekitar 25 °C selama 2-4 minggu, dengan cara ini bibit yang dapat berkecambah sebanyak 71 %.

- (3) Pemisahan biji; Pengambilan biji dari dalam buah aren harus menggunakan sarung tangan, buah aren mengandung asam oksalat akan menimbulkan rasa gatal pada kulit. Cara lain, dengan memeras buah aren yang telah dikumpulkan sampai kulit buah menjadi busuk, biji telah terpisah dari daging buah, dengan cara ini biasanya kulit buah aren tidak terasa gatal.
- (4) Perkecambahan; Benih disemaikan dalam tempat persemaian, seperti kotak ukuran 40x25x12 cm, dengan media campuran pasir + serbuk gergaji, perbandingan 2:1. Cara perkecambahan biji dengan bagian punggungnya, tempat keluar apokol diletakkan pada bagian bawah. Benih disiram setiap hari, untuk mempertahankan kelembaban tanah sekitar 80%. Benih berkecambah 1-4 bulan, ditandai dengan munculnya apokol, dari apokol keluar bakal batang dan bakal daun.
- (5) Pembibitan; Apokol mencapai panjang 3-5 cm dipindahkan ke polybag, dengan media adalah tanah lapisan atas dicampur pupuk kandang dengan perbandingan 1:2. Saat bibit dengan 1-2 daun terbuka penuh, ditambahkan 300 g kotoran sapi setiap polybag pembibitan agar pertumbuhan bibit akan lebih baik (Maliangkay, *et al*, 2000).

Penanaman

Bibit aren yang berumur 11-12 bulan dapat dipindahkan ke lokasi penanaman, dengan terlebih dahulu membuat lubang tanam 40 x 40 x 40 cm pada tanah gembur, lubang

tanam dibuat sebulan sebelum penanaman, jarak tanam 4 m dalam barisan dan 8 m antar barisan. Bibit yang akan ditanam dimasukkan ke dalam lubang tanam yang telah disiapkan terlebih dahulu, kantong plastik dikeluarkan dengan cara menyayat bagian samping dan dipisahkan kantong plastik. Masukkan tanah yang telah dicampur pupuk kandang. Penanaman aren dengan jarak tanam 8 m antar barisan, sehingga memungkinkan pemanfaatan lahan di antara tanaman dengan tanaman sela.

Penanaman tanaman sela dengan tanaman kehutanan sangat penting untuk mengantisipasi kelanjutan berproduksi aren, sebagai penyediaan bahan baku kayu bakar untuk pengolahan nira aren menjadi berbagai produk gula dan bioetanol. Untuk kesinambungan produksi, terutama penanaman pada lahan bukaan baru, penanaman aren disesuaikan dengan jenis aren. Penyiangan dilakukan agar tidak terjadi persaingan pertumbuhan dengan gulma, diikuti penggemburan tanah sekeliling pangkal batang 1,0–1,5 m untuk aerasi tanah, agar pertumbuhan optimal. Penyiangan dilakukan 4 kali setahun sampai tanaman umur 3-4 tahun.

Pemupukan

Pemupukan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman agar berproduksi baik, dapat menggunakan pupuk anorganik dan organik. Penggunaan pupuk anorganik, N, P, K, yang dilakukan setelah penyiangan gulma. Pemupukan dua kali setahun, pada awal musim hujan, dengan memperhatikan umur tanaman, jenis dan takaran pupuk, sesuai jenis aren yang diusahakan. Pemberian pupuk organik berupa kotoran hewan memberikan pengaruh yang baik bagi pertumbuhan

bibit aren. Pemberian pupuk kandang memperbaiki sifat fisik tanah sehingga memudahkan penyerapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman.

Penelitian pemupukan terhadap aren umur 2 tahun sebanyak 100 tanaman dan umur 4 tahun sebanyak 80 pohon, yang dilakukan di Tomohon Sulawesi Utara, menunjukkan bahwa pertumbuhan aren yang dipupuk lebih baik dari aren yang tidak dipupuk. Penggunaan pupuk organik dengan takaran 400 g/tanaman akan memberikan pertumbuhan tanaman yang lebih baik, dibandingkan tanpa pemberian pupuk. Aren memerlukan pemupukan, terutama kombinasi pupuk organik dan anorganik (Maliangkay, *et al*, 2000).

Produksi nira/tandan/hari dari pohon yang diberi pupuk organik 800 g/pohon/tahun, tidak berbeda dengan pohon yang diberi pupuk NPK takaran 800-1200 g/pohon/tahun (17,33 l), dan berbeda dengan produksi nira pada tanaman yang dipupuk NPK 400 g/pohon/tahun (15,67 l). Peningkatan takaran pupuk NPK/ pohon/tahun menjadi 800g, akan meningkatkan produksi nira/pohon/hari. Pemupukan NPK 400 kg/pohon/tahun mobilitas unsur-unsur hara yang diserap tanaman aren belum berimbang untuk pertumbuhan tanaman. Penyerapan unsur-unsur hara secara berimbang terjadi pada takaran pupuk NPK 800 g/pohon/tahun, dan pupuk organik 800 kg/pohon/tahun. Produksi nira pada tanaman yang dipupuk dengan pupuk anorganik (NPK) dan pupuk organik 800 g/pohon/tahun lebih tinggi produksi niranya dibanding dengan yang dipupuk 400 kg/pohon/tahun, namun peningkatan takaran pupuk pada penelitian ini, tidak memberi pengaruh terhadap peningkatan produksi nira.

Pemupukan NPK mempengaruhi pertumbuhan dan produksi nira aren. Untuk pertumbuhan vegetatif, pemberian

pupuk organik 800 g/pohon/tahun lebih baik dari pupuk anorganik 400 g, 800 g dan 1200 g/pohon/tahun. Tanaman yang diberi pupuk organik 800 g/pohon/tahun, pupuk anorganik (NPK) 800 g dan 1200 g/ pohon/tahun menghasilkan nira lebih tinggi. Pemupukan tidak mempengaruhi kadar gula nira. Nira yang disadap pada musim hujan, kadar gula lebih rendah dari nira yang disadap musim kemarau. Pada musim hujan proses fotosintesis tidak optimal, karena penyinaran terbatas, dan pembentukan glukosa dari proses fotosintesa terbatas pula. Kadang kala karena penutup penampung nira kurang baik, air hujan akan merembes dan tercampur pada nira yang menyebabkan penurunan kadar gula nira (Maliangkay, *et al*, 2012).

Pengendalian Hama dan Penyakit

Survei tahun 2010, di Banten, Kalimantan Timur, dan Sulawesi Utara, ada empat hama dan penyakit yang menyerang tanaman aren; *Oryctes rhinoceros*, *Rhyncoporus* sp, *Lariscus* sp (tupai), *Pongo* sp (kera), dan ulat Artona. Hama *Oryctes rhinoceros* dan *Rhyncoporus* sp, menyerang pucuk tanaman, daun bekas gerakan terpotong-potong membentuk potongan segitiga.

Hama Artona menyerang daun muda tanaman aren. Pengendalian hama dilakukan secara terpadu melalui pemanfaatan musuh alami *Metarhizium* dan *Baculovirus*, sanitasi, penggunaan serbuk mimba dan feromon. Apabila seperempat bagian luas permukaan daun sudah ditutupi bercak, dilakukan penyemprotan dengan Cobox 0,5%, mencabut tanaman sakit dan dibakar, agar penyakit tidak menyebar. Pada aren ditemukan penyakit, *Pestalotiopsis* sp dan *Helminthosporium* sp. Penyakit *Pestalotiopsis* sp dijumpai

di Banten dan Kalimantan Timur, dan *Helminthosporium* sp ditemukan di Banten (Lumentut, *et al*, 2012).



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Gejala serangan hama *Oryctes rhinoceros* pada daun aren, dan (b) kumbang *Oryctes rhinoceros* (Lumentut, *et al*, 2012).



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Penyakit bercak daun *Helminthosporium* sp, dan (b) bercak daun *Pestalotiopsis* sp pada daun aren (Lumentut, *et al*, 2012).

Rehabilitasi

Pertanaman aren dengan populasi padat umumnya dijumpai pada areal hutan yang tumbuh alami, dengan produktivitas nira yang rendah, sehingga perlu rehabilitasi untuk meningkatkan produktivitas nira. Langkah-langkah yang dapat dilakukan sebagai berikut:

- (1) Pengaturan jarak tanam: Aren tumbuh secara alami, bergerombol dengan berbagai tingkat umur tanaman. Tanaman muda yang tumbuh berdekatan dijarangkan, agar tersedia ruang yang cukup bagi ketersediaan udara dan cahaya matahari, agar pertumbuhan tanaman muda optimal. Sebaiknya dipilih tanaman muda yang telah berumur 1-2 tahun dengan pertumbuhan baik untuk ditanam pada tempat yang kosong.
- (2) Peremajaan tanaman: Aren yang sudah tidak menghasilkan nira sebaiknya ditebang untuk diambil patinya, dan diganti tanaman baru dengan cara menyeleksi tanaman muda. Dipilih tanaman muda yang kekar, dengan jarak antar pelepah daun agak berdekatan. Peremajaan tanaman aren menggunakan bibit dari pohon produksi tinggi dapat menunjang peningkatan produktivitas dan kesinambungan produksi.

Pengusahaan aren yang selama ini bersifat eksploitasi, dikuatirkan kelestariannya akan terancam. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan aren guna meningkatkan produktivitas nira diperlukan penggantian tanaman tidak produktif dan penjarangan untuk mengurangi jumlah anakan

atau pohon aren muda dalam satu rumpun. Dalam satu rumpun, jumlah maksimal pohon aren yang tumbuh sebanyak 4-5 pohon/rumpun (Mashud, *et al*, 2013).

BAB VI

PENYADAPAN NIRA

Teknik Penyadapan

Seleksi Tandan Mayang

Penyadapan nira aren dilakukan terhadap mayang jantan, sedangkan mayang betina untuk menghasilkan buah. Dipilih tangkai mayang jantan yang telah matang, ditandai berwarna kehitaman, bunga belum mekar dan berwarna coklat kemerahan.

Tahap Penyadapan

Tahapan pelaksanaan penyadapan, sebagai berikut:

- (1) Tangkai mayang layak sadap dibersihkan, dipukul-pukul, dan digoyang-goyang selama 10 menit, setiap pagi dan sore hari 7-10 hari, untuk memperlancar keluar nira dari tandan mayang, saat penyadapan.
- (2) Mayang jantan dipotong tepat pada ruas terujung karangan bunga sepanjang 1-2 mm, jika nira mulai keluar, ujung tangkai tandan yang telah dipotong, dimasukkan kedalam penampung, dan penampung diikat pada pelepah daun, wadah penampung ditutup rapat, menghindari nira dari serangga dan kotoran.
- (3) Setelah penyadapan, secara alami tanaman akan menutup bekas irisan keluarnya nira, sehingga selesai pengambilan wadah penampung nira, dilakukan pengirisan ulang tangkai mayang untuk memperlanjar mengalirnya nira berikutnya.

- (4) Tandan bunga jantan dapat disadap selama 3-4 bulan, jika produksi nira cukup tinggi sekitar 20-30 l/hari penyadapan sekitar 2 bulan, jika terus menerus disadap akan menurunkan produksi nira, dan mempercepat kematian pohon.
- (5) Setiap pohon disadap paling banyak 2 mayang, lama penyadapan sekitar 3,0 bulan, untuk produksi nira yang tinggi dari mayang pertama dan kedua, mayang berikutnya diistirahatkan, untuk mempertahankan kondisi produktivitas nira aren.

Karakteristik dan Pengawetan Nira

Karakteristik Nira

Nira yang baru menetes dari mayang jantan belum mengalami fermentasi. Fermentasi mulai berlangsung pada saat nira berada dalam wadah penampung. Pengamatan terhadap nira aren yang disadap pagi hari di Desa Kayawu Tomohon Sulawesi Utara, dengan menampung nira hasil sadapan dalam wadah penampung dari bambu yang dibilas dengan nira mendidih dan kemudian diasapi. Cara lain adalah membilas wadah penampung nira dengan menggunakan air mendidih, untuk membersihkan sisa-sisa nira yang lengket pada penampung.

Nira yang baru disadap, mempunyai pH berkisar 5,3-6,5 dan kadar gula berkisar 11-14 °Brix. Pohon aren yang sudah lama dilakukan penyadapan menghasilkan nira dengan kadar gula yang beragam antar lokasi dari pohon yang disadap (Tabel 10).

Nira aren memiliki karakteristik kimia sebagai berikut: kadar air 87,20 %, karbohidrat 11,28 %, abu 0,24 %, protein

0,20 %, lemak 0,20 %. Nira aren mengandung asam organik 1,6 mg/100 g, terdiri dari: asam sitrat, tartarat, malat, suksinat, laktat, fumarat dan piroglutamat dengan kadarnya bervariasi 1-1,7 mg/100 g (Itoh, *et al*, 1985). Nira aren yang baru menetes dari mayang memiliki pH netral (6.5-7.0) dan kadar sakarosa 9,2-16,4 °Brix (Maskar, *et al*, 1991).

Tabel 10 . Karakteristik nira aren hasil sadapan pagi hari di desa Kayawu Tomohon Sulawesi Utara.

Lokasi	pH nira	Kadar gula (°Brix)	Kondisi pohon yang disadap
Wawakulan	6,45	11	Sudah lama disadap
Tetempengan-1	6,48	11	Sudah lama disadap
Tetempengan-2	5,72	11	Sudah lama disadap
Rake	5,66	11	Satu minggu disadap
Perlindungan	5,65	14	Sudah lama disadap

Sumber: Karouw dan Lay (2006).

Nira aren memiliki karakteristik kimia sebagai berikut: kadar air 87,20 %, karbohidrat 11,28 %, abu 0,24 %, protein 0,20 %, lemak 0,20 %. Nira aren mengandung asam organik 31,6 mg/100 g, terdiri dari: asam sitrat, tartarat, malat, suksinat, laktat, fumarat dan piroglutamat dengan kadarnya bervariasi 0,1-1,7 mg/100 g (Itoh, *et al*, 1985). Nira aren yang baru menetes dari mayang memiliki pH netral (6.5-7.0) dan kadar sakarosa 9,2-16,4 °Brix (Maskar, *et al*, 1991).

Nira segar yang disimpan selama 8 jam, tanpa perlakuan pengawetan antara lain pemberian kapur, akan mengalami penurunan pH dan kadar gula. Nira segar berwarna bening dan rasanya manis, jika terjadi fermentasi akan berubah dari rasa manis menjadi masam dan warna cairan menjadi keruh seperti susu dan berbuih. Perubahan ini

terjadi adanya aktivitas mikroorganisme yang tumbuh pada nira aren. Khamir atau ragi berperan dalam memfermentasi nira antara lain *Saccharomyces cerevisiae* dan *S. carlsbergensis*. Aktivitas fermentasi khamir pada keadaan asam pH 4,0-4,5.

Pengawetan Nira

Nira mudah mengalami fermentasi, sehingga diperlukan pengawetan. Pengawetan nira dapat dilakukan secara kimiawi, biologis, mekanis atau kombinasinya. Pengawetan nira secara kimiawi dengan memberikan kapur dan benzoat, secara biologis menggunakan bahan tanaman seperti kulit buah manggis, sabut kelapa dan daun mara.

Pengawetan nira secara mekanis dilakukan dengan cara pemanasan dan pengasapan wadah penampung nira serta penggunaan air mendidih. Pengawetan nira yang umum dilakukan adalah kombinasi pemberian panas, kapur dan komponen tanaman tertentu yang dilakukan secara bersamaan. Cara pengawetan nira dilakukan dalam tiga tahap, yakni: (a) tahap pertama: dilakukan pembilasan dengan air mendidih atau pengasapan wadah penampung nira sebelum digunakan pada proses penyadapan, (b) tahap kedua; pemberian kapur pada wadah penampungan nira dengan kapur atau benzoat dengan takaran tertentu sebelum proses penyadapan atau sebelum pemasangan wadah penampung pada mayang yang akan disadap, dan (c) tahap ketiga: pemberian kapur setelah penyadapan nira sebelum diolah menjadi berbagai produk.

Pengawetan nira juga dapat dilakukan melalui pengasapan dan pembilasan wadah penampung dengan nira mendidih, untuk mempertahankan mutu nira selama penyadapan, yaitu pada saat nira menetes sampai dengan

pengumpulan nira, sekitar 10-12 jam. Penampungan nira yang dicuci dengan nira mendidih dan air mendidih merupakan cara pengawetan yang efektif. Kedua cara ini dapat mempertahankan pH nira 5,7-6,8, kadar sukrosa 13,1-14,9% dan dapat mempertahankan mutu nira selama delapan jam. Pengawetan dengan pemberian kapur pada wadah penampungan nira seblum dan sesudah penyadapan dengan takaran 2 g kapur/l dapat mempertahankan mutu nira sampai delapan jam (Karouw dan Lay, 2006).

BAB VII

PRODUK BAHAN PANGAN DAN DIVERSIFIKASI PRODUK LAINNYA

Produk Bahan Pangan

Gula Cair

Gula cair diperoleh melalui pemanasan nira aren, untuk meng-uapkan air yang dikandung nira agar diperoleh cairan nira pekat. Karakteristik gula cair yang baik yaitu: kadar air 30 %, gula pereduksi 1,4-1,6 %, kadar abu 1,5 %, pH 6,08-7,14. Pemasakan pada wajan terbuka menghasilkan gula cair dengan kadar gula reduksi 3,2-4,4 %. Gula cair banyak digunakan sebagai bahan pemanis pada pengolahan kue, penyedap makanan dan produk pangan lainnya. Di Pulau Rote dan Pulau Sabu NTT, gula cair dari tanaman lontar (satu famili dengan tanaman aren) dimanfaatkan sebagai pengganti pangan karbohidrat pada masa peceklik selama 1-2 bulan.

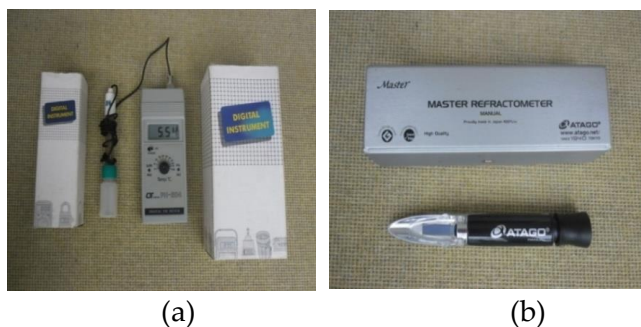
Gula Merah

Pengolahan gula aren atau gula merah oleh petani sejak proses pemilihan mayang hingga pengolahannya dilakukan berdasarkan ketrampilan dan pengetahuan turun-temurun. Pada pengolahan gula aren, penting diperhatikan adalah kerusakan nira menjadi asam . Nira yang telah menjadi asam jika diolah menjadi gula, tidak menghasilkan gula kristal.

Pengolahan gula merah yang dilakukan petani, yakni hasil sadapan pada pagi hari dikumpulkan, dipanaskan sampai mendidih dan digabungkan dengan hasil sadapan sore hari, disaring dan dimasak pada malam hari. Pemasakan nira

dilakukan sampai nira mengental, dan selama pemasakan dilakukan pengadukan sampai merata, agar tidak terjadi karamelisasi pada bagian bawah wajan. Setelah nira masak, nira dituang ke dalam alat cetakan (dari tempurung kelapa, bambu dll) dan didinginkan selama 1-2 jam, untuk memperoleh gula cetak. Pada pemasakan nira aren sebanyak 100 l, akan menghasilkan gula sekitar 10-12 kg, dengan membutuhkan kayu bakar sebanyak 0,25 m³ (Lay, *et al*, 2004).

Mutu gula aren yang dihasilkan ditentukan oleh kondisi nira. Nira yang dapat diproses menjadi gula merah mempunyai pH 6-7, pH kurang dari 6 ditandai dengan nira yang sudah berbuih, jika diproses menjadi gula, gula tidak dapat mengkristal. Pengukuran pH dan kadar sakarosa dapat dilakukan langsung di lokasi penyadapan dan tempat pengolahan gula. Pengukuran pH yang umum dilakukan menggunakan kertas lakmus, untuk ketelitian pengukuran dapat menggunakan pH meter digital dan kadar sakarosa dengan hand refraktometer (Gambar 7). Permasalahan yang umum dihadapi petani/pengolah gula merah adalah gagalnya proses pengkristalan gula aren. Pekatan nira yang tidak dapat mengkristal, sebaiknya diolah menjadi gula cair.



Gambar 7. (a) pH meter digital, dan (b) handrefractometer.

Gula Semut

Gula semut merupakan bentuk lain dari gula merah. Bahan baku untuk pembuatan gula semut adalah nira aren segar, sama dengan bahan baku untuk pembuatan gula merah. Bedanya gula merah dalam bentuk produk cetakan, sedangkan gula semut berbentuk kristal yang lolos saringan 18-20 mesh.

Pengolahan gula semut hampir sama dengan pengolahan gula cetak, kesamaannya adalah dalam penyediaan bahan baku nira dan pemasakan sampai nira mengental. Perbedaan cara pengolahannya adalah pada pengolahan gula cetak, nira yang mengental dimasukkan ke wadah cetakan sampai mengering. Pada pengolahan gula semut, saat nira yang dimasak mengental, panas pemasakan secara perlahan dikurangi secara bertahap dan pengadukan dilanjutkan sampai gula mengkristal dan membentuk butiran halus.

Pengolahan gula semut secara manual oleh petani melalui tahapan: (a) Pemanasan nira hingga menjadi kental, pendinginan dan pengkristalan, (b) Pengkristalan dilakukan dengan cara pengadukan menggunakan garpu kayu, (c) Pengadukan dilakukan secara perlahan-lahan, dan makin lama makin cepat hingga terbentuk gula semut, (d) Pengeringan gula semut; pengeringan dilakukan dengan dua cara, yaitu pengeringan dengan sinar matahari selama 3-4 jam, (e) Untuk keseragaman ukuran butiran, dilakukan pengayakan dengan ayakan stainlesssteel 18-20 mesh, (f) Butiran gula yang tidak lolos ayakan dikeringkan, dilakukan penghalusan, diayak sampai diperoleh gula semut dengan butiran seragam, dan (g) Pengepakan gula semut dengan kantong plastik putih, ukuran berat bervariasi 250-1.000 g.

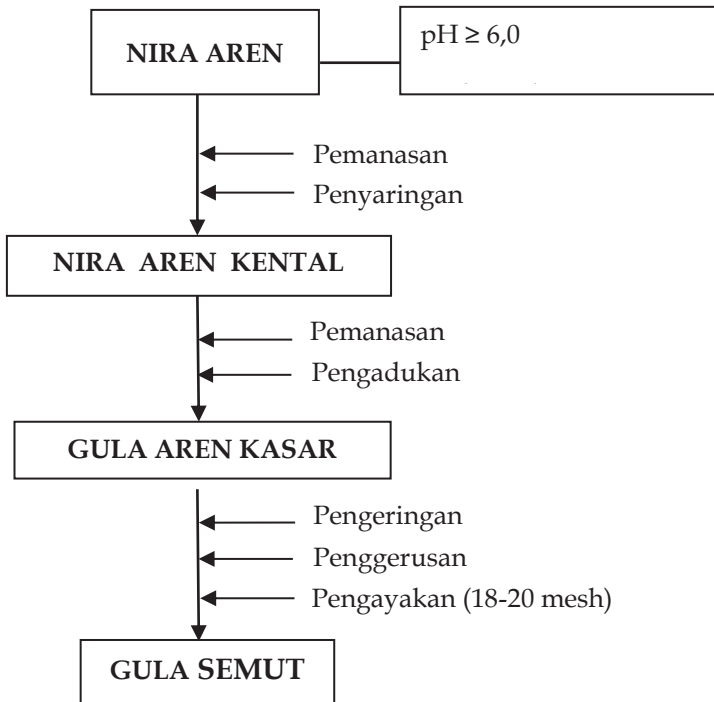
Permasalahan umum pada pengolahan gula semut skala petani adalah produk gula semut yang berkadar air tinggi, yang menyebabkan rendah masa simpan, ditandai gula semut berkadar air cukup tinggi disimpan cukup lama akan menggumpal. Upaya pengendalian, yaitu melakukan proses pengolahan lanjutan meliputi pengeringan, penghalusan butiran, pengayakan dan pengepakan.



Gambar 8. (a) Ayakan gula semut, dan (b) produk gula semut (Mashud, *et al*, 2013).

Gula semut produksi petani dengan kadar air 6,5–6,6 %, dikategorikan berkadar air tinggi, perlu diturunkan kadar air gula semut dengan pengeringan. Pengeringan dapat dilakukan: (a) Cuaca baik dikeringkan dengan sinar matahari 3-4 jam, dan (b) Cuaca buruk dikeringkan dengan menggunakan oven sistem rak, pada suhu pengeringan 45-50 °C selama 1,5-2,0 jam, akan diperoleh gula semut dengan kadar air 2,4-2,9%. Perbaikan mutu perlu dilakukan pada pengolahan gula semut antara lain: (a) Mengurangi kadar air gula semut, jika kadar air gula semut tinggi, gula menjadi lembab, merubah rasa, aroma, mudah berjamur, dan (b) Kemasan penting untuk meningkatkan penampilan dan nilai produk di pasaran.

Pengolahan gula semut di Minahasa Sulawesi Utara, menggunakan nira yang diawetkan dengan cara pemanasan dan pemberian kapur. Gula semut yang memenuhi syarat mutu gula semut yakni kadar air maks. 3,0 %; kadar abu maks. 2,0 %, kadar sakarosa maks. 90,0 %, cemaran logam timbal (Pb) maks. 2,0 mg/kg, warna kuning kecoklatan sampai coklat, rasa dan aroma normal. Diagram alir proses pengolahan gula semut skala petani tertera pada (Gambar 9).



Gambar 9. Diagram alir pengolahan gula semut skala petani (Lay, *et al*, 2004).

Gula semut yang dihasilkan dari proses pemasakan ukuran butiran sangat beragam, perlu diayak dan dihaluskan. Penghalusan secara manual membutuhkan waktu lama, untuk mempercepat penghalusan butiran gula semut, bongkahan gula semut digerus menggunakan kayu. Untuk mempercepat penghalusan butiran gula semut sebaiknya menggunakan alat penghalus mekanis berupa *grinder* (Gambar 10). Keseragaman butiran diperoleh melalui pengayakan. Butiran gula yang tidak lolos ayakan, dikeringkan, dihaluskan dan diayak secara berulang.

Pengolahan gula semut sistem mekanis pada koperasi pengolahan gula semut di Desa Hariang, Banten, dilakukan dalam dua tahap, yakni: (a) Tahap pertama: Pengolahan yang dilakukan oleh petani/anggota koperasi, dengan kegiatan meliputi penyadapan nira, pengumpulan nira, dan pemasakan nira menjadi gula semut. Gula semut yang dihasilkan berupa gula semut kasar dengan bentuk fisik adalah campuran bongkahan dan butiran gula semut yang berkadar air masih cukup tinggi, dan (b) Tahap kedua: Pengolahan lanjut gula semut kasar, yang dilakukan pada unit pengolahan sistem mekanis untuk menghasilkan gula semut komersial. Kegiatan pengolahan meliputi pengeringan gula semut kasar, pengayakan, pengeringan ulang, penghalusan butiran, pengayakan ulang, dan pengepakan. Diagram alir pengolahan gula semut sistem mekanis model Hariang Banten tertera pada Gambar 11.

Proses pengeringan, pengayakan dan pengepakan gula semut yang dilakukan pada unit koperasi di Hariang Banten, yakni pengeringan dengan sinar matahari menggunakan para-para pengeringan sebanyak 70 %, dan oven dengan sistem rak sebanyak 30%. Pengayakan gula semut dilakukan

secara manual dengan saringan ayakan stainless steel ukuran 18-20 mesh. Produk gula semut dikemas dalam karung *propilien*, berat 50 kg/karung. Gula semut yang dihasilkan koperasi di Harian Banten memenuhi syarat mutu gula semut (Lay dan Karouw, 2006).

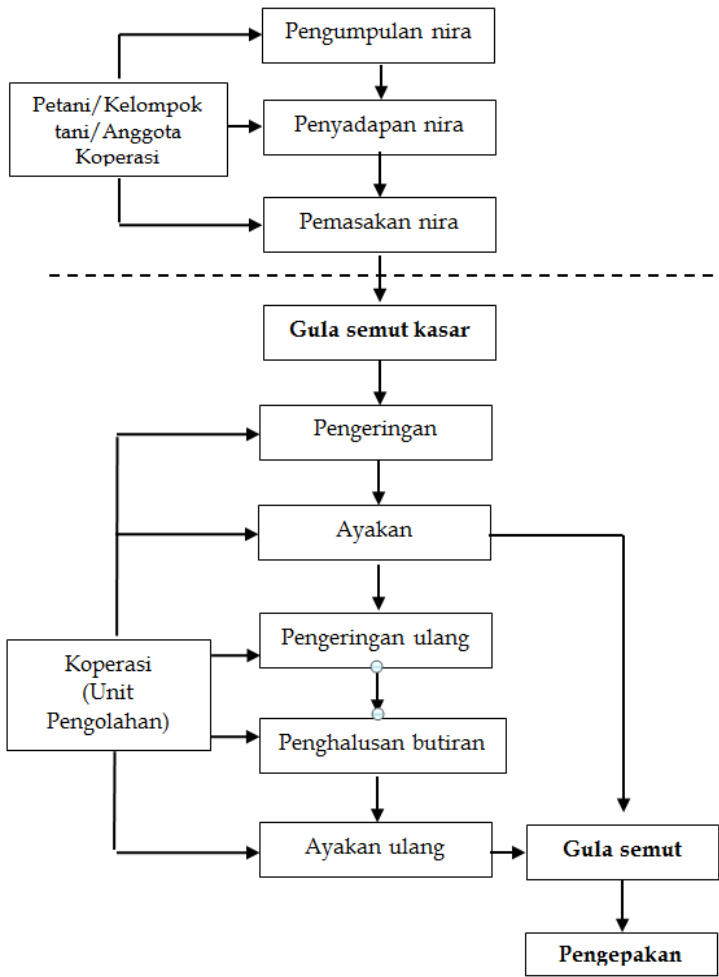


Gambar 10. Alat penghancur dan penghalus butiran gula semut.

Tabel 11. Karakteristik gula semut nira aren dari Desa Hariang Lebak Banten.

No.	Parameter	Standar mutu	Gula semut Produksi Kel. tani	Gula semut Produksi Koperasi
1.	Kadar sakarosa (%)	Maks. 90,0	84,53-88,05	90,32-93,53
2.	Cemaran logam Pb (ppm)	Maks. 2,0	< 0,5	<0,05
3.	Kadar air (%)	Maks. 3,0	6,46-6,57	2,41-2,93
4.	Kadar abu (%)	Maks. 2,0	1,05-1,39	1,29-1,39
5.	Warna	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan
6.	Aroma	Aroma khas	Aroma khas	Aroma khas

Sumber: Lay dan Karouw (2006).



Gambar 11. Diagram alir pengolahan gula semut model Hariang Banten (Lay dan Karouw, 2006).

Pada pengolahan gula semut Model Hariang, terdapat beberapa kelemahan, yang perlu diperbaiki, yakni: (a) Pengayakan secara manual menggunakan banyak tenaga kerja dengan ruang operasi terbuka menyebabkan produk mudah tercemar debu terutama pada musim kemarau. Untuk itu, diperlukan ayakan mekanis, tertutup seperti ayakan sistem sentrifugal, (b) Pengeringan dengan sinar matahari, menggunakan para-para relatif kecil dan kurang aman, apabila ada hujan mendadak akan membasahi produk yang sedang dikeringkan, perlu dibuat para-para pengeringan yang dilengkapi atap sistem buka-tutup untuk memudahkan pengendalian pengeringan, (c) Penggunaan unit penghancur gula semut dengan komponen bahan olah terbuat dari stainless steel, dan (d) Gudang penyimpanan bahan olah dan hasil olah relatif kecil, perlu diperluas untuk dapat menampung seluruh produksi gula semut kasar yang akan diolah lanjut dan gula semut yang siap dipasarkan.

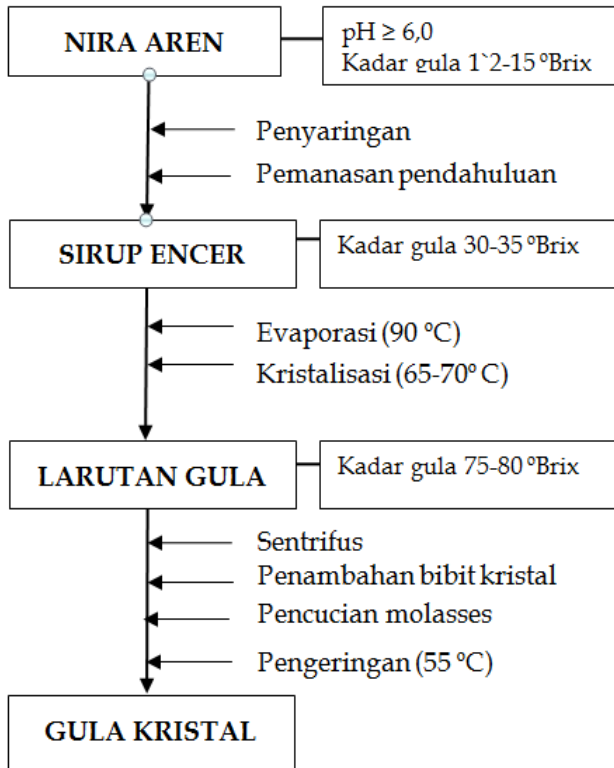
Gula Kristal

Gula kristal adalah gula aren dalam bentuk butiran, dengan ukuran mengikuti gula pasir dari nira tebu. Pengolahan gula kristal di unit pengolahan gula kristal di Masarang-Tomohon Sulawesi Utara. Nira aren mudah mengalami fermentasi, sehingga untuk keawetan nira aren hasil penyadapan, petani melakukan pemanasan nira sampai mendidih.

Penguapan nira menjadi gula membutuhkan energi panas cukup besar yang menggunakan energi panas bumi dari unit Pertamina Lahendong Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara, yang letaknya sekitar unit pengolahan gula kristal (Purnomo, *et al*, 2004).

Pengolahan gula kristal dari nira aren dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- (1) Persiapan bahan, nira diukur pH dan kadar gulanya, nira yang baik pH 6,4–7,0. Nira disaring untuk mengeluarkan bahan-bahan asing, dan dipanaskan selama 15 menit untuk menginaktifkan mikro-organisme atau enzim dalam nira.
- (2) Pemekatan nira, nira dipekatkan melalui pemanasan sehingga akan terbentuk sirup encer, dengan kadar gula 30 – 35 °Brix.
- (3) Evaporasi, dilakukan dengan menggunakan evaporasi vakum suhu 90 °C sampai menjadi sirup kental dengan kadar gula 78 °Brix.
- (4) Kristalisasi, kristalisasi yang dilakukan terhadap sirup kental dengan cara penambahan bibit sukrosa sebanyak 0,1 gram dan dipanaskan pada suhu 65-70 °C, selama 8 jam, dan didinginkan. Kristalisasi spontan terjadi pada larutan mengandung gula lebih dari 80 °Brix. Kristalisasi spontan membutuhkan waktu lebih lama dibanding kristalisasi penambahan bibit kristal. Konsentrasi gula saat penambahan bibit kristal untuk mengkristalisasi sukrosa pada pembuatan gula kristal dari nira aren pada kadar gula berkisar 75-80 °Brix. Rendemen gula pada penambahan bibit kristal pada takaran 0,1 g sebesar 22,74 %, dengan takaran 0,3 g rendemennya 24,28 %
- (5) Sentrifus, kristal-kristal gula yang diperoleh dipisahkan dari cairan gula sisa yang disebut molases dengan cara sentrifus selama 3 menit. Sisa molases yang masih melekat dicuci dengan air dan disentrifugasi lagi.
- (6) Pengeringan; kristal-kristal gula dikeringkan dalam oven suhu 55 °C, dan hasilnya dianalisis (Gambar 12).



Gambar 12. Diagram alir pengolahan gula kristal dari nira aren (Rumayar, *et al*, 2011).

Pada pengolahan gula kristal aren, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- (1) Konsentrasi gula yang baik untuk penambahan bibit kristal adalah 75-80 °Brix, jika di atas 80 °Brix akan terjadi kristalisasi gula secara spontan, dengan ukuran kristal tidak seragam.
- (2) Konsentrasi gula di bawah 80°Brix, proses kristalisasi gula dilakukan dengan penambahan bibit kristal,

konsentrasi gula sangat rendah (75°Brix) tidak terjadi kristalisasi, bibit kristal akan larut dalam larutan gula.

- (3) Suhu kristalisasi 65°C dengan lama kristalisasi 8 jam, akan memberikan hasil terbaik, yaitu kadar sukrosa 96,74% dan ukuran kristal 1,20 mm (25-30 mesh), gula kristal putih, mutu baik dibandingkan kristalisasi pada suhu 70°C.
- (4) Waktu kristalisasi yang lama akan meningkatkan kadar sukrosa, gula pereduksi, kadar air dan ukuran kristal gula (Rumayar, *et al*, 2011).

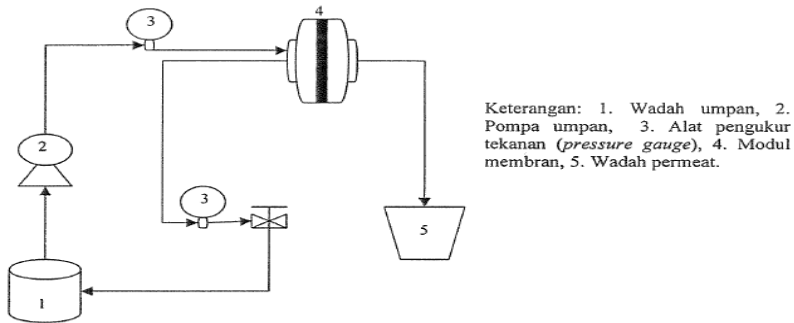
Pengolahan gula yang banyak berkembang saat ini, pada proses filtrasinya masih menggunakan kain blacu sedangkan proses pemekatan nira dilakukan dengan cara pemanasan. Cara ini, selektivitas filtrasi sangat rendah yang memungkinkan tingginya derajat kekeruhan, padatan tersuspensi, bakteri, mikroorganisme patogen, dan air tidak tertahan. Selain itu, penggunaan energi tinggi dan tidak terkontrol pada proses pemekatan, akan mempengaruhi produktivitas dan efisiensi proses produksi gula.

Teknologi membran filtrasi dapat memperpendek tahapan proses, mereduksi kebutuhan bahan kimia dan energi, biaya produksi dapat direduksi. Teknologi membran dapat memisahkan padatan dan senyawa, dengan berat molekul tinggi seperti polisakarida, warna, protein, jamur, dan bakteri (Wisnu, 2010).

Membran ultrafiltrasi dengan ukuran pori 0,01–0,1 μm dapat digunakan untuk menggantikan proses pemurnian nira secara konvensional, dikarenakan jenis membran ini mampu menahan pengotor non gula (protein, polisakarida, dekstran, lilin, getah) dan menghasilkan nira dengan kejernihannya tinggi.

Membran UF kapasitas (10 m³/jam), ukuran diameter dan panjang adalah 8x40 inci, luas filtrasi efektif 20,23 m²/modul, bahan polyethersulphone yang toleran terhadap pH dalam kisaran 1-14 dan dirancang mampu bertahan pada suhu sampai 110 °C, mampu menghasilkan nira tebu dengan kemurnian 0,9 unit, kekeruhan 31% lebih rendah dan warna 47% lebih rendah dalam *permeat*. Penjernihan 2,5 l nira tebu menggunakan membran ultrafiltrasi mampu menghasilkan *fluks* antara 25-30 l/m² pada tekanan trans membran 0,7-2,1 bar dan laju aliran silang 0,42 m/s.

Membran ultrafiltrasi dibuat dari polisulfon yang mampu meningkatkan kejernihan nira dari sekitar 10 % menjadi 60 % transmisi (kejernihan akuades = 100% transmisi), dan menurunkan warna sekitar 80-90 persen. Karakteristik nira hasil filtrasi sebagai berikut: pH 5,4-6,0, Brix 8,6-10,1%, polaritas: 7,6-9,9%, warna: 2.242-13.614 IU, dan kejernihan 58,6-64,8% transmisi (Suprihatin, 2007).



Gambar 13. Skema unit membran ultrafiltrasi untuk penjernihan nira (Suprihatin, 2007).

Teknologi membran mempunyai keunggulan diantaranya kebutuhan energi rendah karena tidak terjadi perubahan

fase dan penggunaan temperatur rendah, sehingga mengurangi kerusakan gula, penahan selektif kekeruhan, padatan tersuspensi, bakteri, mikroorganisme patogen, dan air dengan tingkat selektivitas yang tinggi, mutu produk konsisten.

Membran ultrafiltrasi yang sudah komersial berbahan poliakrilnitrit berbetuk *hollow fibre*, diameter luar 1,2 mm, diameter dalam 0,5 mm, dan ukuran pori 0,01 μm . Panjang *hollow fibre* berjumlah 100 dengan panjang masing-masing 40 cm, sehingga total luasan luar *fibre* 0,1 m^2 atau setara dengan 0,0628 m^2 luas permukaan dalam. Filtrasi nira aren dengan membran ultrafiltrasi akan memengaruhi warna nira dari 372.884 IU menjadi 13.614 IU atau sebesar 63,05%, ini menunjukkan proses pemurnian dengan teknologi filtrasi membran mampu menyaring kotoran pada nira aren sehingga berpengaruh terhadap warna nira.

Membran ultrafiltrasi dalam pemekatan nira aren akan sangat membantu meningkatkan mutu gula aren, dan dapat menjadi teknologi pendukung efisiensi pabrik gula. Penggunaan membran ultrafiltrasi memperbaiki warna nira aren 63,05% dan kejernihan 86,32% tanpa merubah kadar sukrosa (Setyawan, *et al*, 2012).

Tabel 12. Karakteristik nira aren sebelum dan sesudah filtrasi

Karakteristik	Sebelum (<i>Feed</i>)	Sesudah (<i>Permeate</i>)
pH	5,34	5,56
TSS (°Brix)	14,45	14,32
Polarisasi, %	9,14	8,75
Warna, IU	372.884	13.614
Kejernihan, %	30,46	86,32

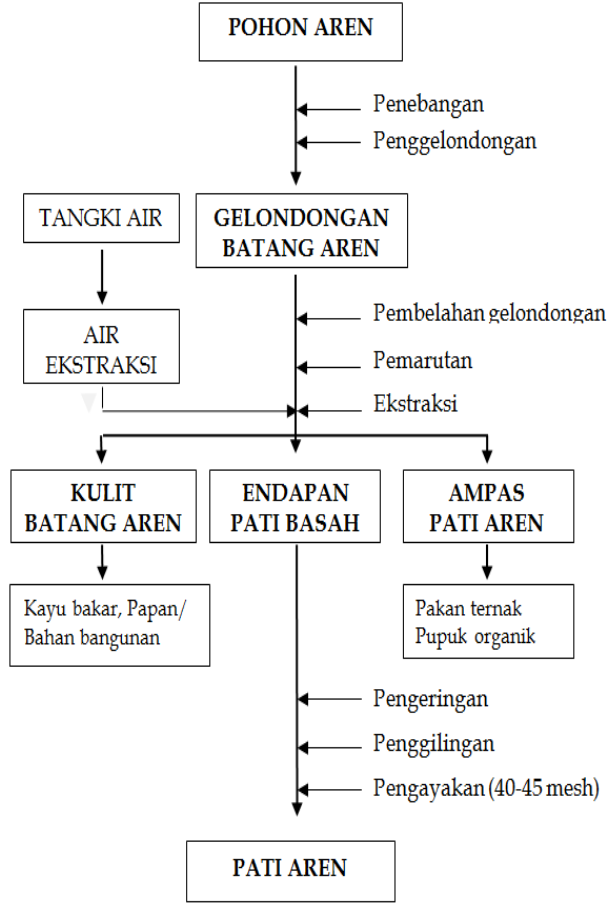
Sumber: Setyawan, *et al* (2012).

Pati Aren

Dalam batang aren terdapat empulur, jika diekstrak dengan air akan diperoleh pati atau sagu. Pohon aren dapat menghasilkan pati 60-70 kg. Aren dengan tinggi 15 m dan diameter batang 40 cm, menghasilkan 100-150 kg pati aren/pohon (Smits, 1988). Pengolahan aren untuk menghasilkan pati sudah jarang dilakukan, dengan pertimbangan bahwa pohon aren dapat menghasilkan nira untuk diolah menjadi gula, minuman dan produk lain yang lebih ekonomis.

Untuk mengetahui adanya pati dalam batang pohon aren, dapat dilakukan dengan cara: (a) menancapkan kampak atau pahat ke dalam batang sedalam 10–12 cm dari tinggi batang 1,5 m, (b) periksa ujung kampak apakah ada pati yang menempel, dan (c) apabila terdapat pati, pohon aren ditebang. Pohon aren yang memperoleh penyinaran matahari cukup akan menghasilkan pati aren yang tinggi. Aren dengan populasi padat dan kurang menerima cahaya matahari, menghasilkan produksi pati yang rendah (Soeseno, 1991).

Pengusahaan aren untuk menghasilkan pati adalah kurang bijaksana, karena nilai ekonomi yang dihasilkan dari aren dengan memproduksi nira, buah dan ijuk akan lebih menguntungkan untuk waktu cukup lama. Dilaporkan Pontoh (2004) bahwa sifat pati aren mempunyai viskositas yang tinggi lebih dari dua kali viskositas pati ubi kayu dan jagung. Sifat pati aren yang demikian, menghasilkan sagu aren lebih sesuai untuk pengolahan sowan dan produk lain.



Gambar 14. Diagram alir pengolahan tepung aren (Soeseno, 1991).

Kolang Kaling

Produk kolang kaling merupakan produk yang berasal dari buah aren, yang digunakan sebagai bahan tambahan

pada pembuatan juis. Kolang kaling adalah biji aren yang kenyal berasal dari buah yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda. Pengambilan kolang-kaling dianjurkan pada pohon yang tidak produktif, pengambilan kolang-kaling pada pohon produktif akan mengurangi produksi nira. Pemanenan buah muda untuk kolang kaling dilakukan secara berselang-seling setiap tandan bunga betina. Cara ini dilakukan untuk mempertahankan kesinambungan produksi buah dan produksi nira aren.

Pembuatan kolang-kaling dilakukan dengan dua cara:

Cara pertama: (a) buah aren dibakar; seluruh tandan dan buah dibakar secukupnya, buah belah, kolang dikeluarkan, dicuci dan direndam dalam air kapur 2-3 hari, kotoran akan mengendap dan kolang kaling terapung, dan (b) kolang-kaling diambil dan dicuci bersih siap dikonsumsi/dijual.

Cara kedua: (a) buah aren direbus; tandan buah dimasukkan ke dalam drum berisi air, kemudian direbus hingga buah menjadi lunak, drum diangkat dari tungku, air perebus buah aren dibuang, buah dibelah secara satu demi satu, dan (b) pengambilan kolang-kaling harus hati-hati agar tidak ada yang cacat, kolang-kaling direndam dalam larutan kapur selama 2-3 hari, dicuci dengan air beberapa kali, hingga bersih, kolang kaling siap dikonsumsi/dijual.

Kolang-kaling memiliki kadar air yang sangat tinggi, dalam 100 gram kolang kaling mengandung 93,36% air, 0,69 % protein, 4 % karbohidrat, 1% abu dan 0,95 % serat kasar. Kolang-kaling digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan jus buah.

Produk Minuman

Minuman Ringan

Minuman ringan adalah minuman yang mengandung gula minimum 10%, tidak beralkohol, asam benzoat 50 mg/kg, bakteri, jamur dan ragi negatif serta logam berbahaya negatif. Selain sumber energi sakarosa, juga berkhasiat mengobati penyakit sariawan.

Nira aren segar kaya akan zat gizi, yang bersifat *mobile* sehingga mudah mengalami perubahan aroma, cita rasa dan rendahnya masa simpan produk, sebagai akibat proses fermentasi karena enzim yang dikandungnya atau peran mikroorganisme. Pengendalian mutu minuman ringan yang umum adalah dengan cara pendinginan dan pasteurisasi.

Teknologi mikrofiltrasi telah berhasil diaplikasikan pada pengolahan minuman isotonik air kelapa. Teknologi ini, menggunakan filter, terbuat dari porselin atau gel poliakrilik, yang mampu menahan mikroorganisme dan spora. Teknik ini, memungkinkan diaplikasikan pada pengolahan minuman ringan nira aren, sehingga aroma dan cita rasa khas nira dapat dipertahankan (FAO, 2000).

Anggur Palma

Anggur palma atau *Palm wine* adalah anggur yang diproses dari nira aren. Pengolahan anggur palma dilakukan secara higienis agar tidak terkontaminasi mikroba yang tidak diinginkan. Nira aren dapat difermentasi dengan ragi roti atau kultur murni *Saccharomyces cereviceae* dan *S. ellipsoides*.

Nira aren sebagai bahan baku anggur palma adalah nira segar dengan pH 6,0-7,0 atau pH netral. Untuk mempertahankan pH netral diperlukan pengawetan nira selama

penyadapan. Penggunaan sabut kelapa sebagai bahan pengawet dapat bertahan lebih dari tiga jam, dan warna nira berubah menjadi coklat kemerahan, yang memberikan warna alami pada anggur palma. Pengawetan nira dapat dilakukan dengan penggunaan kapur yang di tambahkan pada wadah penampung sebelum penyadapan atau ditambahkan pada nira hasil penyadapan dengan takaran 2 g/l nira.

Peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan anggur palma sebaiknya terbuat dari gelas, keramik, kayu atau stainless steel dan higienis untuk menghindari terjadinya karatan pada alat pengolahan yang dapat mencemari produk. Wadah fermentasi menggunakan wadah gelas, karena gelas bersifat netral, tidak mempunyai efek bau dan rasa terhadap anggur palma.

Untuk peralatan yang tahan panas dapat disterilkan dengan udara panas, uap panas dan dibilas dengan air mendidih. Faktor higienis sangat penting untuk menghindari kontaminasi mikroba yang tidak dikehendaki. Kontaminasi akan merubah rasa dan aroma dari produk anggur palma, karena terjadi perubahan komposisi kimia dari anggur palma akibat adanya enzim dari mikroba.

Pengolahan anggur palma melalui tahapan sebagai berikut:

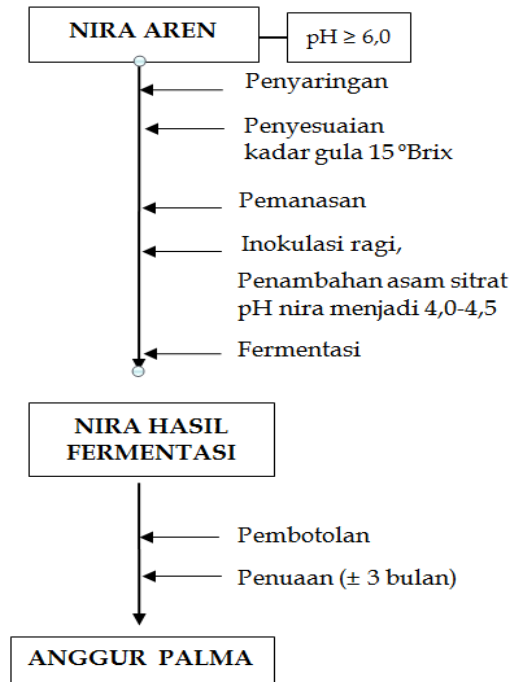
Pembuatan starter

- (1) Penyaringan nira dan pengaturan kadar gula nira dari 11-15% menjadi 18%, nira dipanaskan sampai mendidih dan didinginkan.
- (2) Nira diinokulasi dengan kultur murni ragi *S. cerevisiae* atau *S. ellipsoides*, dengan takaran 3 g/100 ml nira, dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang.

Pengolahan

- (1) Penyaringan nira, dan penyesuaian kadar gula nira menjadi 15%.
- (2) Nira dipanaskan sampai mendidih, didinginkan, diatur pH menjadi 4,0-4,5, dengan penambahan asam sitrat, kemudian diinokulasi starter (takaran 10% v/v).
- (3) Fermentasi dan proses penuaan anggur palma berlangsung selama 3 bulan.

Fermentasi anggur palma dengan ragi *S.cerevisiae* menghasilkan anggur berwarna merah, mengandung gula 3,3-3,8%, pH 3,9-4,1 dan kadar alkohol 7 %, dengan rasa seperti hasil fermentasi buah anggur. Fermentasi dengan kultur *S.ellipsoides* menghasilkan anggur palma berwarna merah, mengandung gula 10,4 %, kadar alkohol 1,6 %, pH 4,3, total asam 9,2-12,3 meq/100 ml, total mikroba 6,0-9,2 koloni/ml dan asam volatil (asam asetat) 0,01- 0,04 %. Anggur yang difermentasi dengan *S.ellipsoides* lebih disukai oleh responden (Rindengan dan Karouw, 2004). Diagram alir pengolahan aggur palma tertera pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram alir pengolahan anggur palma
(Rindengan dan Karouw, 2004).

Minuman Beralkohol

Minuman beralkohol adalah minuman yang mengandung etanol, diproses dari hasil pertanian yang mengandung karbohidrat dengan cara fermentasi dan destilasi, baik dengan cara memberikan perlakuan terlebih dahulu atau tidak, menambahkan bahan lain atau tidak, maupun yang diproses dengan cara mencampur konsentrat dengan etanol atau dengan cara pengenceran minuman mengandung etanol.

Minuman beralkohol memberikan dampak yang tidak baik bagi kesehatan tubuh dan juga penyimpangan perilaku manusia. Alkohol berfungsi sebagai depresan bagi sistem saraf pusat tubuh. Oleh karena itu, dalam konsumsi sedikit dapat memberikan perasaan bahagia dan menambah semangat, namun dalam konsumsi yang berlebihan dan terus menerus dapat merusak organ-organ tubuh sehingga dapat menyebabkan kematian.

Minuman beralkohol dihasilkan dari fermentasi bahan makanan atau buah-buahan yang mengandung kadar gula yang tinggi, seperti buah anggur, nira, ubi jalar dll. Proses fermentasi berlangsung secara alami baik menggunakan ragi atau tanpa ragi. Proses fermentasi akan berlangsung sampai diperoleh alkohol berkadar 15-20 %. Selanjutnya proses fermentasi terhenti, karena mikroba atau ragi yang berperan dalam proses fermentasi menjadi inaktif. Untuk menghasilkan bir, seperti pada aren adalah nira hasil fermentasi, proses fermentasi berhenti pada saat kadar alkohol mencapai 3-6 %, sedangkan pada pengolahan bir dari buah anggur proses fermentasi terhenti setelah mencapai kadar alkohol 11-13 %.

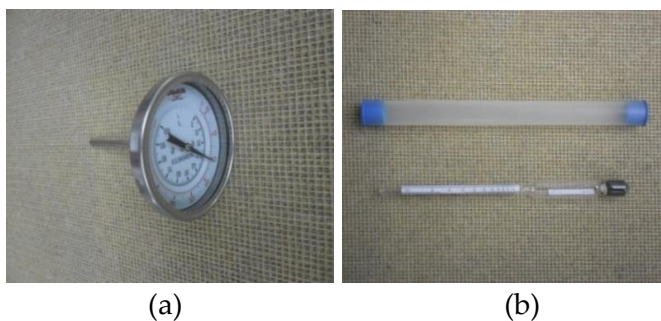
Kadar alkohol bir dapat ditingkatkan dengan cara destilasi terkontrol. Beberapa jenis minuman beralkohol kadar alkohol dihitung sebagai *proof*. Proof adalah dua kali kadar alkohol terukur menggunakan alkohol meter, contoh minuman beralkohol dengan 80 *proof* = 40 % kadar alkohol. Alkohol adalah produk yang dihasilkan dengan cara fermentasi dan penyulingan hasil fermentasi nira aren. Nira aren yang akan digunakan sebagai bahan baku pengolahan minuman beralkohol dan alkohol kadar tinggi (alkohol teknis dan alkohol absolut), dari nira aren tidak memerlukan.

Sebagian besar unit pengolahan alkohol menggunakan teknologi konvensional, dengan fermentasi secara *batch*. Cara ini, dilakukan petani dan pengolah tuak dipedesaan. Pada industri pengolahan alkohol, menggunakan proses *Unises de Melle* yaitu sistem fermentasi melalui tahapan pemisahan khamir sebelum dilakukan proses destilasi, sel mikroba dipisahkan sehingga dapat digunakan ulang pada fermentasi berikutnya. Mikroba yang berperan dalam proses fermentasi etanol adalah *Saccharomyces* sp, yang berlangsung secara anaerob (tidak melibatkan oksigen), kondisi anaerob harus tetap dipertahankan selama fermentasi berlangsung sebab adanya oksigen akan menyebabkan terjadinya oksidasi sehingga etanol yang terbentuk akan berubah menjadi asam asetat, ditandai menurunnya pH. Kondisi pH selama berlangsungnya proses fermentasi relatif konstan pada pH 4,5-5,0 tidak akan terjadi pembentukan asam asetat, pH 4,5-5,0 adalah pH optimum bagi fermentasi etanol oleh *S. uvarum* Beijerinck, konsentrasi ragi minimal 2×10^9 sel/ml dan suhu fermentasi berkisar 25-35 °C. Fermentasi etanol melalui proses *fed batch* dengan penambahan substrat medium C (larutan tetes tebu 30 °Brix dan pH 4,5), efisiensi fermentasi 83,1%, sedangkan penggunaan *batch* efisiensi fermentasi 79,4% (Santoso dan Murdyatmo, 1994).

Dalam upaya meningkatkan efisiensi fermentasi, dapat menggunakan pupuk Urea dan TSP. Pupuk urea dengan kandungan nitrogen merupakan bahan tambahan nitrogen bagi pertumbuhan ragi dalam proses fermentasi. Pupuk TSP dengan kandungan fosfat untuk pertumbuhan ragi. Sebelum pupuk TSP digunakan dalam proses fermentasi, terlebih dahulu dilarutkan dalam air, karena sifat TSP yang sulit melarut (Richana, 2011).

Pengolahan alkohol di desa Kawangkoaan dan Motoling Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara, proses fermentasi nira dilakukan fermentasi alami nira dalam wadah penampungan selama 3-4 hari tanpa pemberian ragi. Alat destilasi sistem tunggal terbuat dari drum, disambungkan dengan bambu dengan diameter 12 cm, tinggi 3 m, disambungkan dengan bambu ukuran kecil (diameter 5-8 cm), panjang sekitar 21 m dengan posisi miring, untuk pengaliran cairan etanol hasil kondensasi yang terjadi dalam bambu. Pengolahannya tanpa menggunakan air destilasi, pendinginan etanol dilakukan dengan memper-panjang sambungan bambu berukuran kecil, dengan me-manfaatkan suhu rendah udara luar untuk proses kondensasi uap etanol menjadi cairan etanol.

Penentuan kadar alkohol dilakukan berdasarkan kebiasaan, yakni tetesan cairan pertama dan kedua dari alat penyulingan diperkirakan 40-45%, tetesan ketiga sampai kelima 30-35% dan tetesan selanjutnya 20-25%. Untuk keseragaman kadar alkohol berkisar 30-35% dilakukan pencampuran. Beberapa unit pengolahan alkohol di Minahasa Sulawesi Utara sudah menggunakan pengukur kadar alkohol (Alkoholmeter).



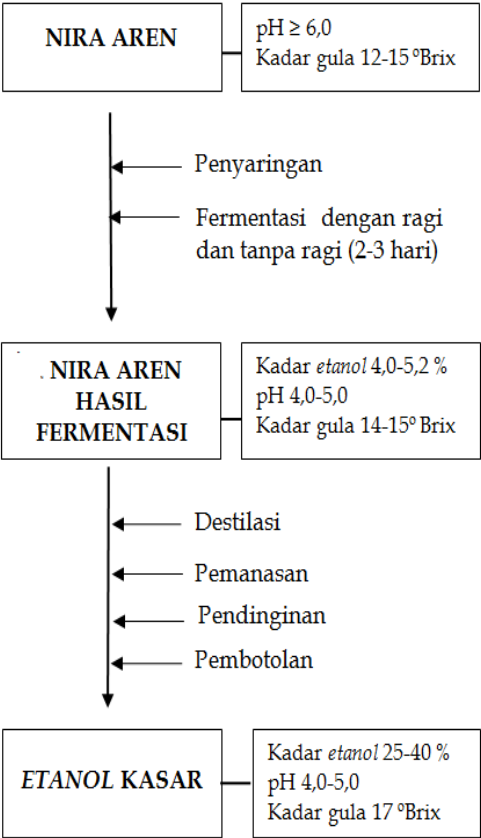
Gambar 16. (a) Termometer, dan (b) alkoholmeter.

Permasalahan utama yang dihadapi pengolahan alkohol pada tingkat petani adalah kadar alkohol yang tidak seragam, sehingga diperlukan: (a) Pemasangan termometer pada wadah pemasakan, untuk mengontrol suhu penyulingan, agar suhu terkontrol, dengan penambahan kayu bakar bila suhu menurun dan pengurangan kayu bakar bila suhu meningkat, (b) letak tungku pemasakan, pengolahan alkohol di kebun petani, tungku terletak di dalam tanah sekitar 60-75 cm, sehingga sulit kontrol suhu melalui pengendalian kayu bakar, posisi tungku letaknya diatas permukaan tanah, sekaligus memudahkan proses pembakaran kayu, (c) pengukuran kadar alkohol yang praktis menggunakan alkoholmeter, apabila kadar alkohol kurang dari 30% dilakukan penyulingan ulang, jika lebih 30% dilakukan pengenceran, agar diperoleh kadar alkohol seragam, dan (d) fermentasi tanpa ragi, etanol yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan menggunakan ragi dan membutuhkan waktu fermentasi lebih lama sekitar 3-4 hari.

Pada pengolahan nira aren menjadi etanol kasar seperti captikus atau tuak dengan cara fermentasi menggunakan ragi akan menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi dibanding dengan fermentasi alami. Fermentasi nira aren dengan menggunakan ragi dan tanpa ragi, dengan lama fermentasi 3 hari, menunjukkan bahwa ragi Gold-Pakmaya menghasilkan bir dengan kadar etanol 5,1%, sedangkan tanpa ragi menghasilkan bir dengan kadar etanol 4,5 %.

Rendah kadar etanol pada proses fermentasi tanpa menggunakan ragi disebabkan gula yang terdapat dalam nira belum disintesis secara sempurna menjadi etanol, ditandai kadar gula pada nira yang difermentasi alami masih cukup tinggi yakni 4,8% dan nira yang difermentasi menggunakan

ragi kadar gula 3,7% (Lay, 2009a). Pengolahan nira aren menjadi etanol lebih sederhana, karena nira dalam bentuk cair dan bersifat mobil dalam proses fermentasi.



Gambar 17. Diagram pengolahan alkohol dari nira aren (Lay, 2009a).

Penggunaan minuman hasil fermentasi dan destilasi nira aren (kadar etanol 25-45% atau etanol kasar), seperti di

Sulawesi Utara dan Sumatera Utara, dikenal dengan nama captikus atau tuak. Konsumsi berlebihan minuman beralkohol berdampak negatif bagi kesehatan dan memicu kerawanan sosial masyarakat. Penggunaan etanol teknis dari nira aren (kadar 70-90%) kurang disukai konsumen karena adanya aroma khas aren yang terikut pada alkohol dari aren, berbeda dengan etanol komersial yang menggunakan bahan baku tetes tebu.

Tabel 13. Karakteristik etanol dari nira aren dan etanol komersial.

No.	Uraian	Etanol kasar dari nira aren	Etanol hasil destilasi-dehidrasi	Etanol komersial dari molases
1.	<i>Etanol (%)</i>	30,8a	94,8b	95,0b
2.	Gula (%)	10,1a	18,3b	18,3b
3.	pH	4,37a	7,14b	7,07b
4.	Cuprun (ppm)	0,11a	0,08a	0,31b
5.	Chlor (ppm)	433,9a	65,9b	70,6b
6.	Timbal (ppm)	Negatif	Negatif	Negatif
7.	Metanol (ppm)	Negatif	Negatif	Negatif

Sumber : Lay dan Joseph (2013).

Ket. : Notasi yang mengikuti angka pada kolom berbeda nyata pada BNT 0,05.

Karakteristik etanol dari aren kadar 94-95% tidak berbeda dengan etanol komersial, etanol dari nira aren kadar 80-95%, karakteristiknya sama dengan etanol komersial. Karakteristik alkohol dari nira aren adalah beragam sesuai kadar etanol. Etanol kadar 25-35% mengandung Cu dan Cl yang tinggi. Pada proses destilasi ulang dan dehidrasi terjadi penurunan kadar Cu dan Cl, diduga senyawa asam dalam

bentuk HCl atau asam lainnya pada suhu destilasi tidak diuapkan dan tertinggal pada tangki penguapan dalam bentuk senyawa larut dalam residu. Karakteristik alkohol dari nira aren beragam sesuai kadar etanol. Etanol kadar 25-35 % mengandung Cu dan Cl yang tinggi.

Pada proses destilasi ulang dan dehidrasi terjadi penurunan kadar Cu dan Cl, diduga senyawa asam dalam bentuk HCl atau asam lainnya pada suhu destilasi tidak diuapkan dan tertinggal pada tangki penguapan (*evaporator*) sebagai residu. Etanol komersial dan etanol dari nira aren dengan kadar etanol berkisar 95%, menunjukkan kadar gula dan kemasaman (pH), Chlor, Timbal (Pb) dan Metanol, relatif seragam, kadar Cuprum (tembaga), lebih tinggi pada etanol komersial dibandingkan dengan etanol dari nira aren.

Cuprum merupakan unsur penting dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit. Unsur ini, sangat berperan untuk pembentukan haemoglobin darah normal. Kebutuhan orang dewasa berkisar 2,0-2,5 mg Cuprum/hari (Anderson, 1961).

Timbal dan Metanol tidak dijumpai pada etanol dari aren dan etanol komersial. Pengolahan nira aren menjadi gula cetak yang diproduksi oleh petani dan koperasi di desa Hariang, Banten, mengandung Pb pada gula cetak dan gula semut dengan kadar kurang dari 0,05 ppm.

Karakterisasi etanol aren dan etanol komersial, dengan kadar etanol 70-95%, terhadap pH dan kadar gula menunjukkan seragam. Etanol nira aren kadar 90-95% dan etanol komersial, mengandung gula dan pH relatif sama.

Kadar gula yang diukur sebagai °Brix yakni zat padat terlarut seperti sukrosa, glukosa, fruktosa dan garam-garam dalam suatu larutan yang dihitung sebagai glukosa. Kadar gula larutan etanol mengalami peningkatan seiring mening-

katnya kadar etanol. Meningkatkan kadar gula dengan meningkatkan kadar etanol disebabkan senyawa asam dan sebagian komponen air telah terpisah dari larutan etanol pada proses destilasi dan dehidrasi (Tabel 14).

Tabel 14. Karakteristik etanol dari nira aren dan etanol komersial kadar 70-95 %.

No.	U r a i a n	Etanol dari nira aren	Etanol komersial
1.	Kadar etanol (%)	70,3	70,2
		80,5	80,0
		89,5	90,0
		95,0	95,5
2.	Kadar gula (°Brix)	16,5	15,2
		18,0	17,6
		18,0	17,8
		17,4	17,1
3.	Kemasaman (pH)	6,1	6,5
		6,5	6,7
		6,9	6,6
		7,1	6,4

Sumber: Malik (2012).

Titik didih etanol adalah 78°C dan titik didih air adalah 100 °C sehingga dengan pemanasan pada suhu 78°C dengan metode destilasi, etanol dapat dipisahkan dari campuran etanol-air. Kadar etanol yang dapat diperoleh dengan cara destilasi biasa 96% dan bersifat larutan *azeotropik*. Proses dehidrasi untuk meningkatkan kadar etanol menjadi $\geq 99,0\%$, merupakan cara yang populer menggunakan saringan molekuler berupa zeolit sintetis 3 Å.

Penggunaan minuman hasil fermentasi dan destilasi nira aren kadar etanol 25-40%, populer pada daerah berpotensi aren, dan telah menjadi minuman kesehatan bagi sebagian orang. Minuman captikus setiap malam hari dengan ukuran gelas sloki (50-75 ml), berfungsi sebagai penghangat tubuh, memancing selera makan dan pengiring tidur.

Mengkonsumsi anggur merah 50-100 ml (kadar etanol 10-15%) setiap hari dapat meningkatkan kadar *HDL*-kolesterol, melancarkan sirkulasi darah sistemik, memberi efek relaksasi tubuh, mengurangi resiko *arteriosclerosis* dan untuk kesehatan jantung. Konsumsi minuman beralkohol berlebihan berdampak negatif bagi kesehatan, yakni terjadi akumulasi lemak dihati, *hiperlipidemia* (kadar lemak yang tinggi dalam darah), dan akhirnya terjadi *sirosis* (pengerasan hati) yang berdampak pada kematian. Konsumsi alkohol berlebihan menyebabkan keracunan pada pusat syaraf dan organ-organ hati, jantung dan ginjal, pada kondisi ekstrim menyebabkan kematian mendadak (Murray, *et al.*, 2003).

Chlor dalam bentuk senyawa Natrium Chlorida, diperlukan tubuh dalam jumlah sedikit, rata-rata NaCl bagi orang dewasa sekitar 10 gram/hari. Kandungan Chlor pada etanol aren dan etanol komersial dikategori aman. Kadar NaCl dalam darah orang dewasa untuk kondisi normal 400-500 mg/100 ml, gejala penyakit asam urat > 600 mg/100 ml, dan penyakit gula < 400 mg/100 ml (Anderson, 1961).

Metanol atau methyl alkohol dihasilkan dari kayu, digunakan sebagai bahan bakar, bahan pelarut dan bersifat beracun. Metanol yang digunakan sebagai minuman dapat menyebabkan kebutaan dan kematian (Miller, 1978). Minuman beralkohol berdampak negatif bagi kesehatan, kecerdasan, kelainan perilaku dan gangguan pada berbagai

organ tubuh. Alkohol adalah depresan sistem saraf pusat, yang pertama dipengaruhi adalah bagian kontrol saraf pusat, setelah bagian kontrol saraf pusat terganggu, orang akan mengalami perilaku kehilangan kontrol, selanjutnya akan menjadi nervous. Derajat pengaruh alkohol dapat ditentukan berdasarkan konsentrasi alkohol dalam darah (*Blood Alcohol Concentration*) disingkat BAC, seperti tertera pada Tabel 15.

Tabel 15. Pengaruh derajat BAC terhadap perilaku, gangguan mental, dan fisik akibat mengkonsumsi minuman alkohol.

No.	Konsentrasi alkohol darah (%)	Perubahan perasaan dan sikap	Gangguan fisik dan mental
1.	0,01-0,06	Relaksasi, perasaan lebih bersemangat, kehilangan pengendalian diri.	Daya pikir, pertimbangan dan konsentrasi.
2.	0,06-0,10	Kehilangan pengendalian diri, ekstrovert, gangguan keinginan seksual.	Respon, pertimbangan, penglihatan.
3.	0,11-0,20	Perasaan bersemangat, marah atau sedih.	Respon, kemampuan motorik, keseimbangan tubuh.
4.	0,21-0,29	Pingsan, ketidakseimbangan emosi, perasaan lumpuh.	Kemampuan motorik, kesadaran.
5.	0,30-0,39	Depresi, pingsan, kemungkinan kematian.	Fungsi kandung, kantung kemih, sistem pernapasan, kerja jantung.
6.	≥ 0,40	Hilang kesadaran, kematian	Sistem pernapasan, kerja jantung

Sumber : <http://www.alkohol.vt.edu/Students/alkoholEffects/index.html> (2012a).

Cukup banyak tindak kekerasan dan kecelakaan lalu lintas yang terjadi akibat mengonsumsi minuman keras, sehingga diperlukan kerja sama semua pihak terkait untuk meningkatkan kesadaran mengonsumsi minuman beralkohol. Tantangannya adalah bagaimana merubah perilaku para peminum minuman beralkohol dari nira aren dan sumber alkohol lainnya, yang sudah membudaya seperti pada masyarakat Minahasa dan daerah lain yang berpotensi aren (Wungkana, 2012).

Diversifikasi Produk Lainnya

Kayu dan Ampas Pati Aren

Batang aren berbentuk bulat, diameter sekitar 65 cm, tumbuh tegak, tinggi berkisar 15-30 m. Hasil berupa kulit batang dan ampas, kulit batang dapat digunakan sebagai kayu. Kulit batang bagian keras, digunakan sebagai kayu untuk bangunan, jembatan, kayu bakar dan bahan kerajinan.

Ampas empulur atau ampas pati aren (APA) dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan pupuk organik. Ampas pati aren merupakan hasil ikutan belum dimanfaatkan secara komersial dan menjadi limbah pada pengolahan pati aren. APA mengandung bahan kering sekitar 85,8 %, protein kasar 2,63 %, serat kasar 15,9 % dan lemak 0,48 %.

Pada pengujian penggunaan pakan ternak sapi peranakan Onggole sebanyak 16 ekor, dengan ransum yang terdiri dari jerami, konsentrat sapi potong komersial dan ampas pati aren, yang diberikan selama 10 minggu, menunjukkan bahwa penggunaan APA dalam ransum dengan konsentrat sebanyak 10-20 % akan meningkatkan nilai

Pertambahan Bobot Hidup Harian (PBHH) dan efisiensi pakan (Umiyasih, *et al*, 2008).

Penggunaan 30 % APA tidak dianjurkan, karena tidak efisien dan nilai PBHH tidak seimbang dengan harga pakan. Dibanding dengan kontrol, penggunaan APA sebagai campuran pakan ternak pada sapi Ongole, tidak berbeda nyata dengan penggunaan APA sebagai pakan ternak pada konsentrasi 10-20 %.

Tabel 16. PBHH dan nilai efisiensi pakan pada konsentrat APA dalam ransum sapi.

No.	Perlakuan	Bobot hidup awal (kg)	PBHH (kg/ekor/hari)	Efisiensi pakan (%)
1.	Kontrol (Pakan basal + 100 % konsentrat)	192,00	0,84a	16,86a
2.	90 % konsentra + 10 % APA	195,38	0,76a	14,70a
3.	90 % konsentra + 20 % APA	190,88	0,68ab	14,08a
4.	90 % konsentra + 30 % APA	189,75	0,49b	10,33b

Sumber : Umiyasih, *et al* (2008).

Ket. : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan nyata ($P \leq 0.05$).

Pemberian APA pada ransum ternak sapi Ongole, dengan input berupa biaya pakan, yang terdiri dari jerami, konsentrat dan APA serta *output* berupa selisih harga dari peningkatan bobot hidup harian. Penggunaan ampas pati aren sebagai pakan ternak substitusi adalah menguntungkan.

Penggunaan APA sebagai campuran pakan ternak dengan konsentrasi 10-20 % memberi ke-untungan yang memadai, ditandai dengan nilai $B/C > 1$, sedangkan dengan APA 30 % adalah merugikan, ditandai $B/C < 1$. Penurunan ini disebabkan nilai pertambahan bobot hidup harian yang rendah, sedangkan biaya pakan secara keseluruhan relatif stabil. Dengan demikian penggunaan APA yang optimal untuk pertumbuhan sapi Onggole, yang diukur berdasarkan nilai pertambahan bobot harian dan keuntungan yang akan diperoleh pada pemberian APA sebagai pakan ternak tidak lebih dari 20 %.

Tabel 17. Analisis ekonomi penggunaan APA sebagai pakan sapi Onggole.

No.	Uraian	Tanpa APA	10 % APA	20 % APA	30 % APA
1.	Input/hari				
	Jerami	359,39	352,61	332,31	325,23
	Konsentrat	5.198,29	4.840,24	4.302,08	3.947,41
	APA	-	320,58	532,51	760,93
	Total	5.556,67	5.192,85	5.166,90	5.033,56
2.	Output/hari				
	Harga PBHH	13.392,00	12.080,00	10.800,00	7.840,00
3.	Keuntungan (Rp./hari)	7.835,32	6.620,00	5.721,85	2.933,25
4.	B/C	1,4	1,2	1,1	0,6

Sumber : Umiyasih, *et al* (2008).

Ket. : Harga input: Jerami padi Rp. 125/kg, Konsentrat Rp. 1.050/kg dan APA Rp. 250/kg; dan PBHH Rp. 16.000/kg.

Ijuk

Ijuk dihasilkan dari pohon aren yang telah berumur lebih dari 5 tahun. Ijuk sebenarnya adalah bagian pelepah daun yang menyelubungi batang. Pohon yang masih muda produksi ijuhnya, pohon yang mulai berbunga kualitas dan hasil ijuk tidak baik.

Pengambilan ijuk pada pohon aren dilakukan dengan memotong pangkal pelepah daun, ijuk berupa lempengan anyaman diambil dengan menggunakan parang. Lempengan anyaman ijuk masih bercampur lidi, lidi-lidi dipisahkan dari ijuk secara manual dengan menggunakan tangan. Untuk membersihkan serat ijuk dari berbagai kotoran dan ukuran serat ijuk yang besar, digunakan sisir kawat. Ijuk yang sudah dibersihkan dapat dipergunakan untuk membuat tali, sapu, atap, serat untuk ekspor, dan lain-lain. Produksi ijuk dari Aren Dalam sekitar 15 kg/pohon, dan sebanyak 3 kg ijuk dengan ukuran serat yang panjang. Pohon aren dengan produksi ijuk yang tinggi berkisar 150 kg/ha (Smith, 1988).

Daun

Daun aren berupa roset batang, berpelepah, panjang tangkai 6-17m, anak daun bentuk lanset, menyirip, pangkal membulat, ujung runcing, tepi rata, panjang helaian daun 1,5 m dan lebar sekitar 7 cm, satu pohon aren terdapat sekitar 25-30 helaian daun. Daun digunakan untuk keperluan tradisional berupa atap dan dinding rumah, sebagai anyaman pembungkus buah-buahan, sapu lidi, tusuk sate dll.

Akar

Akar aren penggunaannya masih terbatas, bonggol aren dapat dikeringkan dan dijadikan kayu bakar. Ekstrak akar

aren digunakan sebagai obat. Ekstraksi akar aren muda dapat digunakan sebagai obat-obatan batu ginjal, sedangkan akar tua sebagai obat sakit gigi. Ekstrak akar aren mengandung saponin, flavoida dan polifenol, berfungsi untuk mengobati penyakit batu ginjal dan obat luar anti gigitan serangga (Alam dan Baco, 2004).

BAB VIII

BIOENERGI

Bioenergi atau bahan bakar nabati (BBN) adalah energi yang berasal dari tanaman penghasil karbohidrat dan minyak. Bahan potensial penghasil bioenergi dari karbohidrat antara lain jagung, sagu, singkong, aren. Untuk menghasilkan bioenergi, karbohidrat diproses menjadi bioetanol, bioetanol dimurnikan menjadi etanol murni. Etanol murni dapat digunakan langsung atau dicampur dengan minyak bensin dengan takaran tertentu. Minyak sebagai sumber energi dapat berasal dari minyak kelapa dan kelapa sawit, dengan proses tertentu dihasilkan biodiesel sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel.

Upaya pengembangan bioenergi di dalam negeri didasarkan pada Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006, tentang kebijakan energi nasional, menetapkan sasaran penggunaan BBN tahun 2025, lebih 5 % dari konsumsi energi nasional. Kebijakan utama adalah: (a) penyediaan energi melalui penjaminan ketersediaan pasokan energi, optimalisasi produksi dan pelaksanaan konversi energi, (b) pemanfaatan energi melalui efisiensi dan diversifikasi produk dari tanaman penghasil energi, (c) penetapan kebijakan harga, dan (d) pelestarian lingkungan. Kebijakan pendukung adalah pengembangan infrastruktur energi, kemitraan pemerintah, dunia usaha, pemberdayaan masyarakat, penelitian dan pengembangan serta pendidikan dan pelatihan. Untuk mempercepat penyediaan dan pemanfaatan BBN, diikuti dengan INPRES No. 1 tahun 2006. INPRES ini, mengintruksikan Menteri Pertanian untuk mendorong penyediaan

bahan tanaman, penyuluhan dan mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan pascapanen.

Diperlukannya BBN dikarenakan: (a) ketersediaan beragam bahan baku dan lahan yang sesuai untuk pengembangan bahan baku BBN, (b) teknologi telah dikuasai SDM dalam negeri (Rekayasa, Penelitian dan Pengembangan), (c) industri BBN melibatkan peran serta masyarakat, termasuk petani, (d) tinggi angka pengangguran diperkirakan 40 juta orang, 10 juta orang pengangguran terbuka dan kemiskinan 39,1 juta orang, (e) peluang pemerintah daerah untuk meningkatkan pembangunan ekonomi, (f) peluang ekspor BBN, dan (g) BBN adalah *Clean Energy* yang mampu mengurangi emisi CO₂. Tujuan pengembangan BBN adalah: (a) mengurangi tingkat kemiskinan dan pengangguran, (b) mendorong peningkatan kegiatan ekonomi, melalui penyediaan bahan BBN dengan jumlah yang cukup, kualitas baik, harga wajar, efisien, aman, akrab lingkungan, dan (c) mengurangi konsumsi bahan bakar minyak bumi (BBM) dalam negeri (Legowo, 2007).

Permasalahan dan Solusi

Sumber utama energi dalam negeri saat ini adalah bahan bakar minyak bumi. Salah satu sumber energi alternatif yang potensial adalah Bahan Bakar Nabati (BBN). Masalah utama ketersediaan energi adalah terjadinya penurunan produksi nasional minyak bumi, dan semakin meningkatnya konsumsi masyarakat akan BBM. Persoalan berikutnya adalah gas buang hasil pembakaran minyak bumi dari kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab makin meningkatnya pencemaran udara terutama di perkotaan.

Bioetanol sebagai produk energi alternatif yang saat ini dikembangkan untuk mensubstitusi minyak bumi. Bioetanol merupakan bahan bakar kendaraan motor bensin yang populer digunakan di negara-negara yang kurang memiliki sumber bahan bakar minyak bumi, seperti Brazil.

Di Indonesia terdapat berbagai jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar nabati atau bioenergi, seperti tanaman sagu, singkong, tebu dan aren sebagai penghasil bioetanol. Tanaman-tanaman ini telah dikenal dan diusahakan masyarakat pertanian. Namun perlu dipertimbangkan bahwa tanaman ini umumnya diusahakan untuk produksi pangan (Mononutu, 2012).

Pemanfaatan BBN berupa bioetanol merupakan alternatif unggulan, juga dapat mengurangi produksi gas buang yang merupakan gas beracun sebagai precursor pemanasan global serta dapat mengurangi biaya perawatan mesin. Bioetanol merupakan bahan bakar dengan biaya produksinya sama, bahkan cenderung lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar bensin tanpa subsidi. Selain bioetanol, juga dikenal gasohol (campuran bensin dan etanol), gasohol BE-10 misalnya mengandung 10 % bioetanol dan 90 % premium. Apabila gasohol BE-10 diterima sebagai bahan bakar substitusi, maka impor minyak olahan untuk premium akan berkurang dan menghemat devisa negara.

Implementasi program substitusi BBM berupa bioetanol dapat menyerap tenaga kerja, sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran. Penggunaan bioetanol, selain meningkatkan kualitas udara dan ketahanan energi nasional, juga dapat membantu penghasilan petani melalui intensifikasi dan perluasan areal tanaman penghasil bioetanol.

Bioetanol

Aren sebagai tanaman penghasil pangan, dan berpotensi sebagai penghasil bioetanol, dengan produktivitas cukup tinggi. Aren tumbuh alami bersama dengan tanaman kehutanan, dan dapat dibudidayakan dalam bentuk tumpang-sari dengan tanaman kehutanan sebagai komponen tanaman untuk reboisasi atau penghijauan.

Bioetanol berkadar 95 %, dimanfaatkan untuk bahan pelarut, detergen, kosmetika, farmasi, juga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Etanol kadar ≥ 95 %, pemanfaatannya dibagi dalam dua kelompok: (a) Etanol berhidrat, kadar 95-96 % sebagai bahan bakar spiritus, desinfektan, pelarut organik, dan (b) Etanol absolut kadar $> 99,5\%$ sebagai bahan bakar motor bensin (Prihandana, *et al*, 2008).

Alat dan Cara Pengolahan Bioetanol

Pembuatan dan introduksi alat pengolahan bioetanol, perlu mempertimbangkan, sebagai berikut: (a) alat produksi bioetanol yang praktis dan efisien, yang dapat mempertinggi kuantitas dan kualitas produksi, (b) alat mudah dioperasikan, biaya pembuatannya relatif murah, sehingga memudahkan dalam pengadaan produksi masal, dan (c) alat dengan masa pakai yang lama dan proses produksi ramah lingkungan.

Alat pengolahan bioetanol skala kecil yang diintroduksi sekarang ini, terdiri dari: unit evaporator, destilator dan dehidrator yang dirancang saling terpisah, sehingga proses pengolahan kurang efektif. Untuk mengolah bioetanol sebagai bahan bakar, perlu dirancang alat pengolahan bioetanol yang terpadu antar tangki penguapan, destilator dan dehidrator, dengan suhu terkontrol.

Rancangan alat pengolahan bioetanol skala pabrik model Fornoff (1981) menggunakan tangki penguapan, destilator dan dehidrator, dilengkapi unit proses regenerasi hidrat, dengan kapasitas olah besar. Tipe alat ini, untuk pengolahan bioetanol skala industri besar. Saat ini, telah dihasilkan alat pengolahan etanol skala kecil, yang akan diuraikan berikut ini.

Alat pengolahan etanol sistem sinambung

Unit proses alat pengolahan bioetanol, terdiri dari: evaporator, destilator-1, destilator-2, dan dehidrator, yang dirancang terpadu, sehingga proses pemanasan bahan olah, destilasi, dehidrasi sampai produk akhir berlangsung secara kontinu (Gambar 18).



Gambar 18. Alat pengolahan etanol sistem sinambung (Lay, 2009b).

Pada pengolahan bioetanol, proses destilasi-dehidrasi sebagai faktor penentu, berakhirnya proses pengolahan ditandai menetesnya cairan etanol hasil destilasi yang sangat lambat atau berhenti. Residu adalah produk ikutan yang mengandung etanol berkadar sangat rendah, untuk memisahkan kandungan etanol, pengolahan dilakukan pada unit tersendiri, karena uap air residu akan melekat pada dinding pipa unit proses akan menurunkan kadar etanol.

Dehidrator dengan saringan molekuler $3 \text{ \AA}$, mempunyai kemampuan menyerap air dari etanol, yang akan membantu peningkatan kadar etanol dengan energi panas relatif sedikit. Penggunaan hidrat zeolit alam sebelum regenerasi dan regenerasi-1 terjadi peningkatan kadar alkohol cukup tinggi, pada regenerasi-2 kadar alkohol menurun, kondisi ini menunjukkan hidrat zeolit alam efektif dua kali penggunaan.



Gambar 19. (a) Zeolit alam, dan (b) zeolit sintetis $3 \text{ \AA}$ (Lay, 2009b).

Penggunaan hidrat zeolit alam pada proses dehidrasi mempunyai kelemahan, yakni air yang diserap zeolit para proses dehidrasi, secara perlahan akan dilepas dan bercampur kembali dengan etanol. Kehilangan hasil pada pengolahan

etanol dengan zeolit alam cukup besar (5,1-6,4 %), sedangkan pada saringan molekuler 3 Å kehilangan hasil relatif kecil (4,2 %). Pemisahan air dari hidrat zeolit sintetis dapat dilakukan melalui proses regenerasi hidrat dengan cara pemanasan..

Penggunaan saringan molekuler 3 Å kehilangan hasil etanol kecil, tetapi harganya mahal, penggunaannya lebih cocok untuk usaha skala besar. Untuk penghematan biaya pada pengolahan etanol absolut, zeolit alam dapat diproses lanjut dengan cara aktivasi pada untuk memperbesar pori-pori zeolit, agar meningkat daya serap terhadap air. Kinerja alat yang meliputi konsumsi bahan bakar, lama pemanasan, suhu, kondisi bahan olah, hasil olah dan residu tertera pada Tabel 18. Alat ini, praktis diaplikasikan pada tingkat kelompok tani atau UKM untuk memproduksi etanol absolut. Alat pengolahan etanol sistem sinambung cukup efektif, ditandai waktu proses singkat dan kadar etanol yang dihasilkan lebih tinggi.

Pengolahan etanol tanpa saringan molekuler dengan bahan baku etanol kadar 28 % menghasilkan etanol kadar 81 % dan 90,0-91,5 %, dengan saringan molekuler 3 Å bahan baku etanol kadar 39 % akan menghasilkan etanol kadar 95-96,0 %. Efektifnya pengolahan etanol perlu memperhatikan kadar etanol bahan baku, suhu pemanasan, debit air destilasi dan saringan molekuler. Penggunaan alat pengolahan etanol sistem sinambung dengan saringan molekuler pada pengolahan bioetanol dari bahan baku etanol kadar 25-30 %, akan menghasilkan etanol kadar 94-96 %. Umumnya pengolahan etanol absolut membutuhkan bahan baku etanol kadar 90-95 %.

Tabel 18. Kinerja alat pengolahan etanol sistem sinambung.

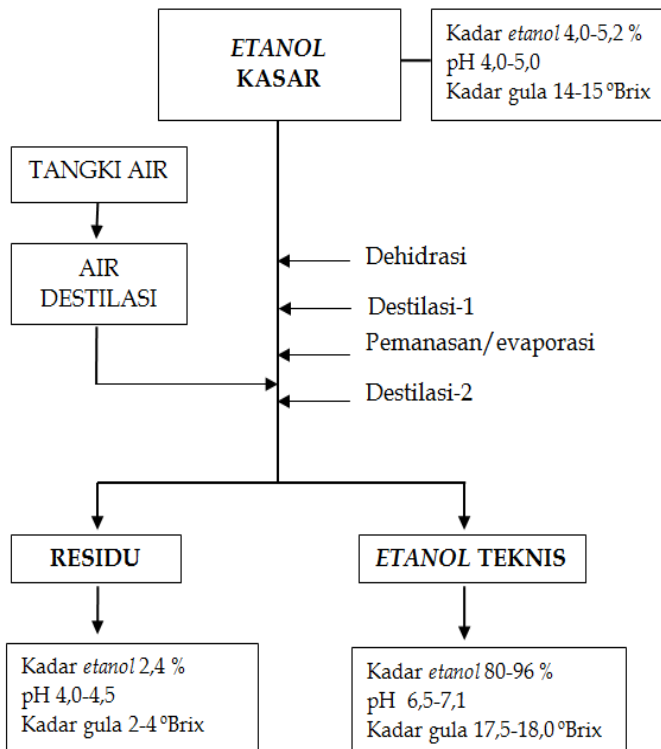
Bahan olah		Suhu tangki evaporator (°C)	Lama pemanasan (jam)	Destilasi		Dehidrasi		Penggunaan hidrat
Volume (L)	Kadar Etanol (%)			Suhu (°C)	Kadar Etanol (%)	Suhu (°C)	Kadar Etanol (%)	
24,0	25,0	85,0-95,0	8.0	81,0-85,0	80,0	32,5-34,0	93,0	Zeolit alam belum regenerasi
45,0	30,0	84,5-92,5	9.0	81,0-83,0	92,0	31,0-34,0	94,0	Zeolit alam regenerasi-1
37,0	30,0	84,5-89,0	7.0	84,5-85,0	90,0	31,0-33,5	90,0	Zeolit alam regenerasi-2
48,0	13,0	91,0-98,0	4.5	81,0-90,0	83,0	31,5-34,0	80,0	Tanpa menggunakan hidrat
12,0	83,0	82,0-85,0	3.0	80,0-81,0	93,0	32,5-57,0	96,0	Zeolit sintetis

Sumber: Lay (2009b).

Ket. :

- a. Suhu evaporator; suhu mulai menetes etanol sampai selesai pengolahan.
- b. Lama pemanasan; waktu pengolahan etanol kasar menjadi etanol teknis atau etanol absolut.
- c. Suhu destilasi; suhu pada termometer destilator-1.
- d. Suhu dehidrasi; suhu pada termometer dehidrator.

dan dilakukan destilasi pada destilator sistem tunggal, yang umum digunakan pada pengolahan minuman beralkohol, dengan kadar etanol awal berkisar 4-6 %. Pada alat pengolahan etanol sistem sinambung, proses pengolahan etanol dilakukan dengan dua tahap: (a) tahap pertama; etanol berkadar 25-35 % menjadi 80-85 %, dan (b) tahap kedua; etanol kadar 80-85 % menjadi 95-96 %.



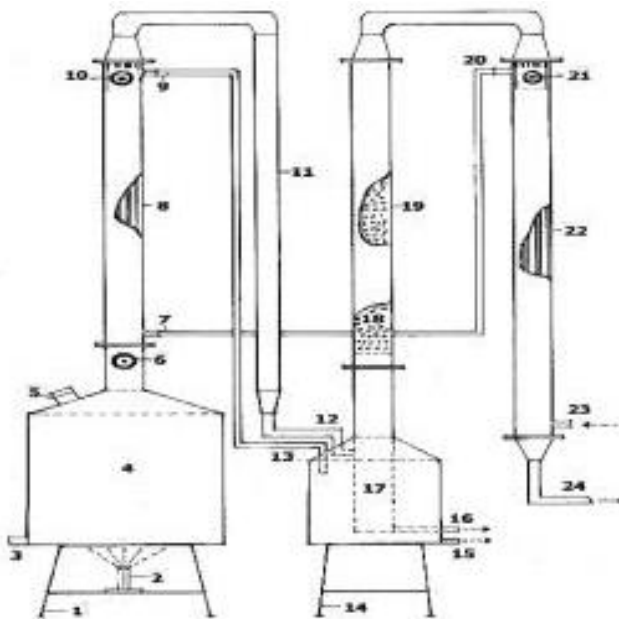
Gambar 20. Diagram alir pengolahan etanol pada alat pengolahan sistem sinambung (Lay, 2009b).

Pengolahan alkohol absolut atau etanol anhidrat dilakukan dengan cara kombinasi proses destilasi-dehidrator dengan suhu terkontrol. Pengujian unit dehidrator skala pilot dengan menggunakan saringan molekuler, bahan baku etanol kadar 95 %, kecepatan alir dalam unit dehidrator 150-168 ml/menit, suhu adsorpsi 71,6-93,0 °C, dapat menghasilkan etanol kadar 99,7-99,8 %. Regenerasi hidrat (saringan molekuler) dapat menggunakan oven dengan suhu desorpsi 175 °C selama 60-120 menit. Pada skala laboratorium metode regenerasi hidrat mudah diterapkan, namun yang menjadi permasalahan adalah harus membongkar seluruh saringan molekuler pada kolom dehidrator jika saringan molekuler telah jenuh air (Kuniawan, *et al*, 2009).

Proses destilasi etanol yang dilakukan berulang, membutuhkan waktu yang lama dan banyak energi panas. Untuk meningkatkan kadar etanol 30-35 % menjadi 70-80 %, dapat dilakukan satu kali destilasi, sedangkan untuk meningkatkan kadar etanol hingga 95 % membutuhkan proses destilasi berulang. Peningkatan kadar etanol lebih dari 96 % hanya memungkinkan dilakukan pada kombinasi proses destilasi yang diikuti dengan proses destilasi menggunakan saringan molekuler zeolit sintetis 3Å atau hidrat lainnya. Proses kombinasi destilasi-dehidrasi ini berlangsung secara kontinu. Untuk efektifnya proses, menggunakan bahan baku etanol kadar > 90 %. Cara memurnikan etanol yakni menggunakan dehidrator dengan saringan molekuler 3 Å. Pada proses ini, akan dihasilkan etanol murni kadar 99,5-99,8 %. Etanol murni sebagai bahan bakar, populer dengan sebutan FGE atau *Full Grade Ethanol* (Prihandana, *et al*, 2008).

Alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda

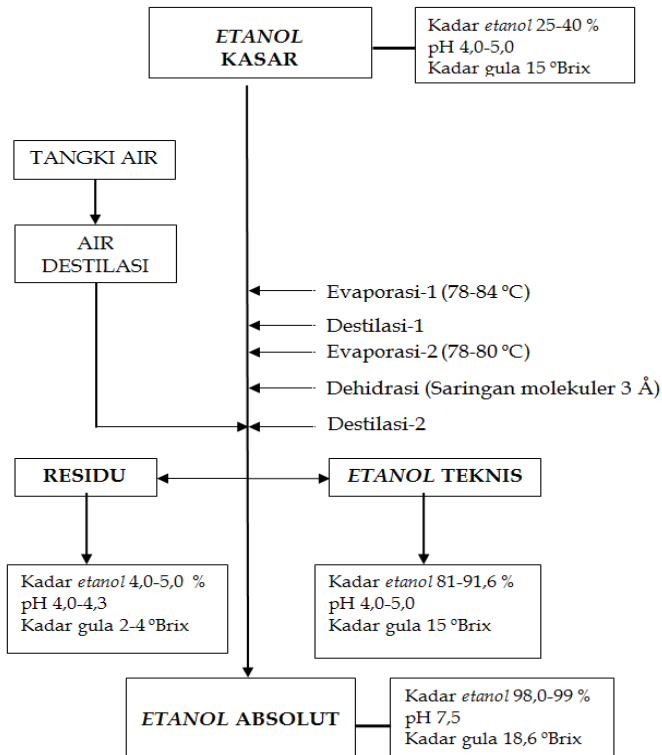
Alat pengolahan etanol ini, terdiri dari tangki evaporator dua buah, kolom destilator dua buah dan dehidrator satu buah. Alat ini, merupakan modifikasi dari alat pengolahan etanol sistem sinambung. Modifikasi meliputi; penambahan unit operasi, terdiri dari: tangki evaporasi-2, yang dirancang dengan dinding ganda (*double jacket*), pipa alir hasil destilasi dipasang antara destilator-1 dengan tangki evaporasi-2 (Gambar 21), dan diagram alir pengolahan etanol pada alat ini tertera pada Gambar 22.



Gambar 21. Desain alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda (Lay, 2012).

Keterangan Gambar:

1. Dudukan evaporator-1
2. Kompas pompa
3. Corong pengeluaran sisa etanol dari evaporator-1
4. Tangki evaporator-1
5. Corong memasukkan bahan baku etanol
6. Termo-koppel evaporator-1
7. Pipa memasukkan air destilasi pada destilator-1
8. Kolom destilator-1
9. Pipa pengeluaran air destilasi pada destilator-1
10. Termo-koppel destilator-1
11. Pipa pengaliran etanol dari destilator-1
12. Pipa memasukkan etanol ke evaporator-2
13. Pipa air destilasi ke evaporator-2
14. Dudukan evaporator-2
15. Pipa pengeluaran air destilasi pada evaporator-2
16. Pipa pengeluaran sisa etanol pada evaporator-2
17. Tangki evaporator-2
18. Saringan molekuler
19. Kolom dehidrator
20. Pipa pengeluaran air destilasi pada destilator-2
21. Termo-koppel destilator-2
22. Kolom destilator-2
23. Pipa pemasukan air destilasi pada destilator-2
24. Produk etanol hasil dehidrasi



Gambar 22. Diagram alir pengolahan etanol pada alat sistem evaporator-distilator ganda (Lay, 2012).

Alat pengolahan etanol sistem evaporator-distilator ganda, dengan komponen peralatan dan fungsinya sebagai berikut :

- (1) Tangki evaporator, tangki evaporator-1 berfungsi dalam penguapan awal etanol, tangki evaporator-2 menguapkan etanol hasil destilasi-1 pemanasan tangki evaporator-2 dengan sumber panas yang berasal dari buangan air destilasi dari destilator-1.

- (2) Destilator, destilator terdiri dua buah, destilator-1 berfungsi mendinginkan dan mencairkan uap etanol dari tangki evaporator-1, destilator-2 berfungsi mengkondensasi uap etanol dari evaporator-2 dan dehidrator, produk yang keluar dari corong pengeluaran merupakan produk etanol akhir.
- (3) Dehidrator, kolom penampung hidrat yang berfungsi menyerap air yang dikandung etanol dari tangki evaporator-2, agar diperoleh etanol berkadar tinggi.
- (4) Menara air, berfungsi menyediakan air dan kontrol pengaliran destilasi agar sesuai dengan kebutuhan.
- (5) Kompor, kompor dengan bahan bakar minyak tanah berfungsi sebagai sumber panas untuk menguapkan etanol, pada tangki evaporator-2 sumber panas berasal dari air destilasi yang berasal dari kolom destilator-1.

Pengolahan etanol pada alat pengolahan sistem evaporator-destilator ganda, sebagai berikut:

- (1) Persiapan peralatan dan komponen pendukung lainnya.
- (2) Etanol kasar (kadar 25-35 %) sebagai bahan baku, dimasukkan ke dalam tangki evaporator-1, kompor dihidupkan, dan tangki evaporator-1 dipanaskan pada suhu $\geq 82^{\circ}\text{C}$.
- (3) Pada suhu $78-79^{\circ}\text{C}$, dimulai penguapan etanol ke destilator-1, akan berkondensasi, dan etanol cair akan mengalir secara gravitasi ke tangki evaporator-2.
- (4) Dalam tangki evaporator-2 cairan etanol akan dipanaskan lagi, etanol akan menjadi uap dan terdorong ke kolom dehidrator, kandungan air dari etanol akan diabsorpsi, uap etanol relatif murni akan di dorong ke luar kolom dehidrator ke destilator-2, pada destilator-2 uap etanol akan berkondensasi dan menjadi cairan etanol sebagai produk akhir.

- (5) Unit proses didinginkan, etanol pada tangki evaporator-2 dikeluarkan dengan membuka keran evaporator-2.
- (6) Residu pada tangki evaporator-1 dikeluarkan, jika kadar etanol residu 5 % dapat didestilasi ulang pada destilasi tunggal, namun jika kadar etanol 2% tidak diproses lagi atau dibuang, karena akan membutuhkan banyak panas yang tidak sebanding nilai ekonomi dari etanol yang akan dihasilkan.

Tabel 19. Kinerja alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda.

No.	Uraian	Tanpa Saringan molekuler		Dengan saringan molekuler	
		1	2	1	2
1.	Bahan baku:				
	- Kadar <i>etanol</i> (%)	28,0	70,0	39,0	25,0
	- Kadar gula (% Brix)	11,0	17,0	12,0	7,8
	- pH	4,2	6,0	4,5	4,3
	- Volume (L)	25,0	15,0	21,0	60,0
2.	Suhu optimal unit operasi (°C):				
	-Tangki <i>evaporator</i> -1	82-94	79-81	81-92	81-92
	- Kolom <i>destilator</i> -1	72-82	68-82	71-82	72-82
	- Kolom <i>dehidrator</i>	78-81	76-81	76-81	76-82
	- Kolom <i>destilator</i> -2	40-50	34-40	38-55	40-60
3.	Waktu proses:				
	- Tetesan awal <i>etanol</i> (jam)	2,0	0,5	2,0	2,0
	- Lama proses (jam)	4,0	2,5	5,0	6,0
4.	Konsumsi bahan bakar (L)	4,0	2,5	5,0	6,0
5.	Proporsi produk <i>etanol</i> (%):				
	- Kadar 98,0-99,0	-	-	6,2	6,0
	- Kadar 95,0-96,0	2,0	12,3	-	-
	- Kadar 90,0-94,0	4,8	35,4	-	3,2
	- Kadar 80,0-89,0	19,3	16,9	19,8	8,7
	- Kadar 70,0-79,0	-	-	-	6,7
	- Kadar 4,0- 5,0	73,9	35,4	74,0	75,4

Sumber: Lay (2012).

Suhu evaporator dan unit operasi sangat beragam antar masing-masing unit, tergantung pada volume dan kadar etanol bahan baku. Makin rendah kadar etanol pada tangki evaporator-1 akan semakin tinggi suhu evaporator-1. Variasi suhu unit operasi, disebabkan oleh suhu etanol berkondensasi di dalam kolom destilator. Suhu destilator-2 berkisar 30-60 °C, dipengaruhi oleh suhu air destilasi dan panas kolom evaporator-2. Etanol yang keluar corong pengeluaran pada kolom destilator-2, suhu akan menurun mendekati suhu ruangan yakni 30-32 °C.

Pada proses pemamanasan etanol pada tangki evaporator, waktu mulai menetesnya etanol dan lama proses lebih cepat pada bahan baku dengan kadar etanol yang tinggi (70 %) dibandingkan dengan kadar etanol rendah (25-39 %). Hal ini disebabkan bahan baku dengan kadar etanol yang tinggi titik didihnya lebih rendah, akan menguap lebih cepat menguap dibanding dengan kadar etanol rendah. Pada pemanasan etanol yang berkadar rendah akan membutuhkan suhu pemanasan tangki evaporator yang tinggi, dibanding dengan bahan baku etanol berkadar cukup tinggi.

Untuk kestabilan suhu pada masing-masing unit operasi agar proses berlangsung stabil, perlu pengendalian debit air destilasi, diupayakan 8-12 l/jam, melalui stop keran pada menara air. Bahan bakar yang digunakan adalah minyak tanah dengan kompor pompa. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh lamanya proses pengolahan, konsumsi rata-rata 1 l/jam. Penggunaan saringan molekuler menghasilkan etanol kadar tinggi (98-99 %), sedangkan tanpa saringan molekuler, kadar etanol tertinggi adalah 96%. Kinerja alat pengolahan etanol dengan sistem evaporator-destilator ganda

dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar 99%, sudah memenuhi standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar.

Pengolahan etanol teknis dan etanol absolut pada alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda, dengan menggunakan saringan molekuler, dalam satu tahap proses, dihasilkan etanol teknis dengan proporsi cukup tinggi. Untuk meningkatkan produksi etanol dapat dilakukan sebagai berikut: (a) tahap pertama; tanpa saringan molekuler akan diperoleh etanol kadar $\geq 80\%$, dan (b) tahap kedua; menggunakan saringan molekuler menghasilkan etanol kadar 90-99%. Residu dengan kadar etanol berkisar 2-5% terendah dijumpai pada penggunaan bahan baku dengan kadar etanol yang tinggi (70%) yakni sebesar 35,4%, kadar etanol 25-39% residu yang proporsinya 73,9-75,4%, bersifat masam disebabkan etanol sebagian besar telah diuapkan dan senyawa yang bersifat asam tertinggal pada tangki evaporator-1. Residu dapat dimanfaatkan, dengan menggabungkan nira hasil fermentasi yang berkadar etanol 4-5 % dan didestilasi pada destilator sistem tunggal, akan menghasilkan etanol kadar 25-35%.

Berdasarkan titik didih dan tekanan uap 1 atm, etanol kadar 98 % titik didih 78,2 °C. Etanol kadar 70 % titik didih lebih tinggi (81 °C) dan akan lebih tinggi lagi pada etanol kadar lebih rendah. Etanol kadar 30 % titik didihnya lebih tinggi yakni 84,7 °C. Etanol yang dihasilkan dari destilator-1, yang tertampung pada evaporator-2 kadar etanolnya berkisar 81 %, etanol yang berasal dari dehidrator tanpa saringan molekuler 3 Å dan destilator-2, kadar etanol meningkat menjadi 90-91,5 %, melewati dehidrator dengan saringan molekuler kadar etanol meningkat akan menjadi 98-99 %.

Tabel 20. Karakteristik etanol pada unit operasi pengolahan sistem evaporator-distilator ganda.

No.	Uraian	Kadar etanol (%)	Kadar gula (% Brix)	pH
1.	Hasil destilator-1:			
	- Tanpa saringan molekuler	80,0-89,0	17,5-17,6	6,5-6,8
	- Dengan saringan molekuler	90,0-94,0	17,6-18,0	6,8-7,0
2.	Hasil destilator-2:			
	- Tanpa saringan molekuler	95,0-96,0	18,0-18,2	6,9-7,2
	- Dengan saringan molekuler	98,0-99,0	18,3-18,6	7,4-7,5
3.	Hasil pada evaporator-2:			
	- Tanpa saringan molekuler	70,0-79,0	16,0-16,8	6,0-6,4
	- Dengan saringan molekuler	-	-	-
4.	Residu pada evaporator-1:			
	- Tanpa saringan molekuler	4,0	2,0-2,2	4,1-4,2
	- Dengan saringan molekuler	5,0	2,4-2,5	4,3-4,4

Sumber: Lay (2012).

Untuk efektivitas penggunaan alat pengolahan etanol sistem evaporator-distilator ganda, sebagai berikut:

1. Pengolahan tahap pertama, menggunakan bahan baku etanol kasar (25-35%), diproses tanpa menggunakan saringan molekuler 3Å, akan menghasilkan etanol kadar 70-90%, dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor.
2. Pengolahan tahap kedua, bahan baku etanol kadar 70-90%, diproses dengan menggunakan saringan molekuler, akan menghasilkan etanol kadar 95-96 %. Etanol ini dapat digunakan sebagai bahan farmasi, obat-obatan

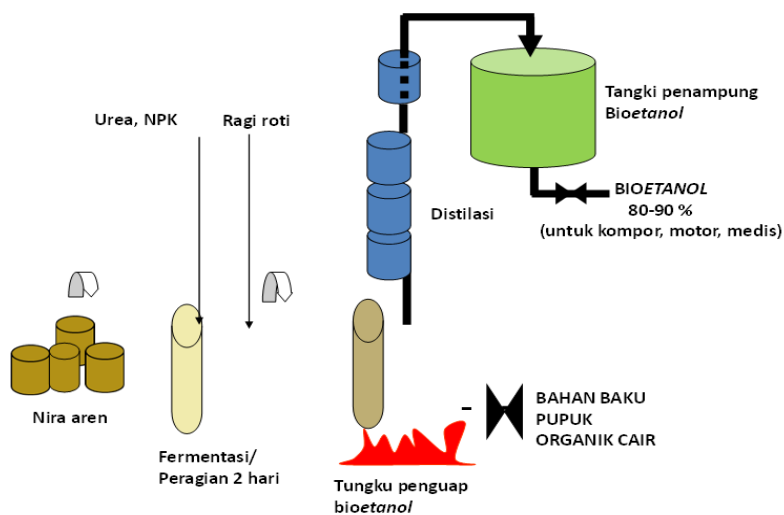
dan pelarut, sedangkan etanol kadar $\geq 98\%$ sebagai bahan bakar motor atau mesin bensin.

3. Aspek teknis yang patut diperhatikan; (a) suhu optimal untuk unit operasi tangki evaporator, kolom destilator dan kolom dehidrator, dan (b) untuk kestabilan suhu unit operasi, debit air destilasi adalah 8-12 l/jam.

Keunggulan alat pengolahan etanol ini: (a) dalam satu kali proses dapat menghasilkan etanol kadar 98-99 %, (b) panas buangan air destilasi dapat dimanfaatkan untuk penguapan etanol pada evaporator-2, (c) proses pengolahan secara kontinu, untuk menghasilkan etanol dengan kadar 98-99%, waktu proses lebih singkat, dan penggunaan energi panas akan lebih hemat. Alat ini, kapasitas olah 100 L/periode proses, dapat dioperasikan kelompok tani dan UKM. Untuk penggunaan skala industri besar, diperlukan peningkatan kapasitas olah, dengan modifikasi ukuran dan volume dari masing-masing unit operasi.

Alat Pengolahan Bioetanol Model Poopo Sulawesi Utara

Alat pengolahan model Poopo, ini terdiri dari tiga komponen proses: (a) unit fermentasi nira aren menjadi bir, (b) unit destilasi bir menjadi bioetanol kadar 80-90%, dan (c) unit pengolahan bioetanol 80-90 % menjadi etanol teknis 95-96 % dan etanol absolut. Pengolahan bioetanol menggunakan bahan bakar kayu, lama proses 7-8 jam. Alat ini, dirancang atas kerja sama Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi dengan PT. Seho Sulawesi Utara, yang saat ini sedang dioperasikan kelompok tani Desa Poopo Kabupaten Bolaang Mongondouw Sulawesi Utara (Gambar 23) .



Gambar 23. Skema pengolahan bioetanol dari nira aren model Poopo Sulawesi Utara (Yudiarto, 2012).

Alat pengolahan bioetanol model Poopo, dengan unit operasi terdiri dari tangki pemanasan dengan kapasitas 300 l, Proses penguapan alkohol dari hasil fermentasi nira aren berlangsung pada tangki evaporator dengan bahan bakar adalah kayu bakar, pendinginan uap etanol yang terjadi pada pipa destilasi tanpa menggunakan air destilasi, tetapi hanya memanfaatkan dari pendinginan suhu udara luar terhadap pipa destilasi. Alat pengolahan etanol ini, sesuai untuk dioperasikan oleh kelompok tani atau UKM. Penggunaan alat ini, akan menghasilkan bioetanol kadar cukup tinggi, yakni 80-90% (Yudiarto, 2012). Untuk meningkatkan kadar bioetanol menjadi 95 % atau lebih, menggunakan alat pengolahan

bioetanol yang lain, rancangan PT. Seho Sulawesi Utara atau dapat menggunakan alat pengolahan bioetanol sistem evaporator-distilator ganda.

Mutu Bioetanol Sebagai Bioenergi

Mutu bioetanol sebagai bioenergi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), dibagi dalam dua kelompok produk yakni Prima I dan Prima II, terinci pada Tabel 21.

Tabel 21. Standar mutu etanol (SNI).

No.	U r a i a n	Satuan	<i>Etanol</i> Prima I	<i>Etanol</i> Prima II
1.	Kadar <i>etanol</i>	% v/v	96,1	95,0
2.	Uji Barbet	menit, min	20	8
3.	Minyak fusel	mg/ml, maks.	14	15
4.	Keasaman (asam asetat	mg/l, maks.	12	30
5.	Sisa penguapan 105° C	mg/l, maks	50	50
6.	<i>Metanol</i>	% v/v	0,1	0,1
7.	Aldehid	mg/l, maks.	4	150
8.	Logam berat	mg/l	0	0

Sumber: Richana (2011).

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor sudah populer digunakan di Brazil, Amerika Serikat dan Jepang. Di Indonesia, bioetanol sudah mulai digunakan sebagai bahan pencampur bahan bakar kendaraan bermotor yang menggunakan motor bensin. Umum digunakan adalah campuran bioetanol: bensin adalah 5:95, yang dikenal dengan

nama Pertamina. Standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar, tertera pada Tabel 22.

Pengujian penggunaan campuran bensin-etanol 90:10 pada kendaraan Nissan siklus 4 langkah dalam kondisi stasioner, menunjukkan bahwa lebih tinggi *antiknock index* bahan bakar (makin sempurna pembakaran bahan bakar), lebih hemat konsumsi bahan bakar, rendah kadar CO dalam gas buangan mesin, dibandingkan dengan bensin premium, dan tidak perlu setting baru mesin bensin (Bahri, *et al*, 2007).

Tabel 22. Standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar.

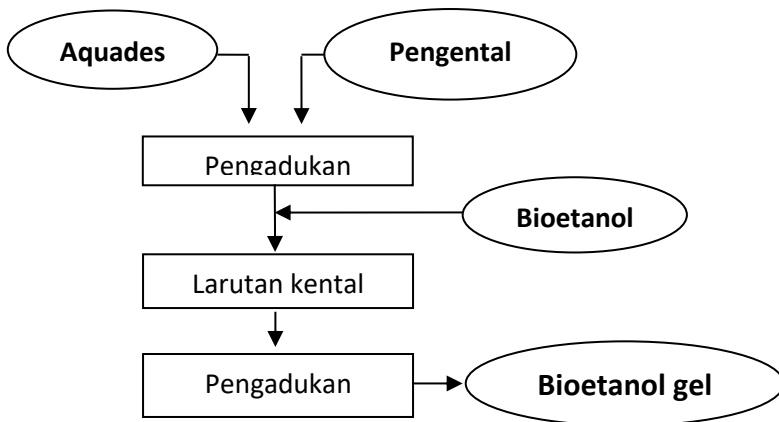
No.	U r a i a n	Satuan	FGE
1.	Kadar <i>etanol</i>	% v, min	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)
2.	Kadar <i>metanol</i>	mg/l, maks.	300
3.	Kadar air	%-v, maks.	1
4.	Kadar denaturan	%-v, min.	2
		%-v, maks.	5
5.	Kadar tembaga (Cu)	mg/l, maks.	0,1
6.	Keasaman (asam asetat)	mg/l, maks.	30
8.	Tampakan		Jernih dan terang tidak ada endapan dan kotoran
9.	Kadar ion Klorida (Cl)	mg/l, maks.	40
10.	Kandungan belerang (S)	mg/l, maks.	50
11.	Kadar getah (gum)	mg/l, maks	5,0
12.	pH		6,5-9,0

Sumber: Richana (2011).

Bioetanol Gel

Bioetanol tidak aman untuk digunakan sebagai bahan bakar di rumah tangga karena bersifat mudah menguap dan mudah terbakar, viskositas dan tegangan permukaan yang rendah menyebabkan bioetanol dapat mengalir dengan bebas. Bioetanol gel adalah bioetanol yang mengalami proses pengentalan, merupakan campuran bening, konsistensi membentuk gel (Sibanda, 2000 *dalam* Pasang dan Salim, 2012).

Bahan baku pembuatan bioetanol gel terdiri atas etanol kadar 70-95%, aquades, bahan pengental kalsium asetat, carbopol dan berbagai turunan selulosa. Pembakaran bioetanol gel tidak berasap, warna api biru, nilai kalori 21,7 MJ/kg dan daya bakar 200 g bioetanol gel setara 1 L minyak tanah. Pembuatan bioetanol gel dengan melarutkan bahan pengental ke dalam aquades, diaduk hingga terbentuk larutan kental. Larutan kental bioetanol adalah bioetanol gel (Gambar 24 dan 25).



Gambar 24. Diagram alir pembuatan bioetanol gel (Pasang dan Salim, 2012).



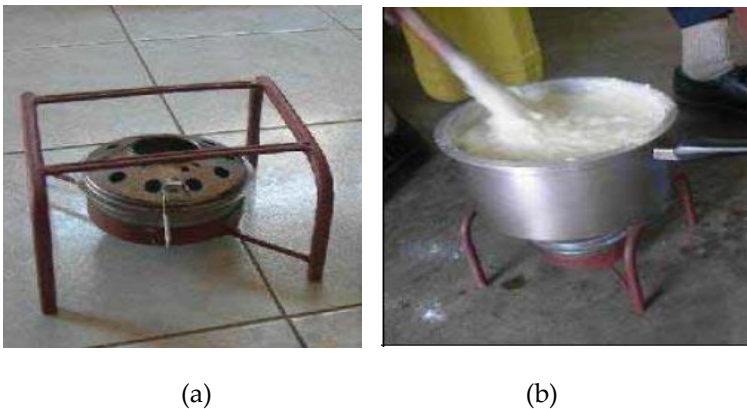
Gambar 25. Api hasil pembakaran bioetanol gel (Meilianti, 2009).

Pada uji penggunaan bioetanol gel sebagai berikut:
(a) 5 g bioetanol gel dapat menyala antara 3-4 menit,
(b) residu sisa pembakaran sebanyak 0,4 - 26% dengan wujud kerak putih sangat kering, sisa gel dan air, (c) api pembakaran berwarna biru, berlidah api banyak dan tinggi api pembakaran 8 - 15 cm, suhu api 300 - 318°C, dan (d) waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air sekitar 20-30 menit, bioetanol gel 40 - 57 g (Meilianti, 2009).

Bioetanol dalam wujud cair tidak aman untuk digunakan sebagai bahan bakar di rumah tangga karena memiliki titik nyala yang rendah (13°C) dan bersifat mudah menguap, uap bioetanol tersebut berpotensi menimbulkan kebakaran apabila terkena panas. Titik nyala adalah titik temperatur terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala, hal ini terkait dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar.

Mengubah wujud bioetanol cair menjadi gel diharap dapat meningkatkan keamanan dan kepraktisan dalam penggunaannya sebagai bahan bakar di rumah tangga. Pemafaatan bioetanol gel untuk bahan bakar telah diperkenalkan di benua Afrika terutama di negara Mali,

Malawi, Mozambik, Afrika Selatan dan Zimbabwe untuk mendukung program Bank Dunia dalam penyediaan energi rumah tangga di negara miskin (Visser, *et al*, 2005 dalam Pasang dan Salim 2012). Aplikasi bioetanol gel dilakukan dengan membakar langsung tanpa sumbu. Penggunaan bioetanol gel untuk bahan bakar rumah tangga, akan membutuhkan model kompor spesifik, seperti tertera pada Gambar 26.



Gambar 26. (a) Model kompor berbahan bakar bioetanol gel, dan (a) penggunaan kompor berbahan bakar bioetanol gel (Robinson, 2006 dalam Pasang dan Salim , 2012).

Bioetanol gel sangat berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk rumah tangga karena memiliki karakteristik yang tidak mudah menguap dan terbakar serta bersifat terbarukan. Pembangunan unit-unit pengolahan bioetanol gel di sentra pertanian aren akan mendorong daerah untuk memenuhi kebutuhan energi secara mandiri,

berdampak perluasan lapangan kerja dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.

Energi Biomassa

Berkembangnya istilah Bahan Bakar Nabati Generasi-2 (BBN-G2) adalah produk bahan bakar yang menggunakan bahan baku mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan limbah pemanenan atau hasil pengolahan yang tertinggal, seperti kayu, sekam padi dan tanda kosong sawit. Pembuatan etanol dari lignoselulosa masih terkendala pada proses *delignifikasi*. Diperlukan pemilihan strain yang sesuai untuk menghasilkan enzim selulosa yang unggul, dan pengembangan industri ragi yang mampu mengkonversi secara bersamaan glukosa dan xilosa menjadi etanol.

Pembuatan etanol dari bahan mengandung lignoselulosa yang dilakukan Purnomo dan Sunarto (2012) di Unit Pengolahan Bioetanol Agromakmur di Karanganyar Jawa Tengah, dengan perlakuan fisik yakni bahan baku (jerami) dicacah, digiling, dikukus, didinginkan dan diperas, diperoleh cairan mengandung glukosa. Proses fermentasi yang lazim dilakukan pada glukosa menjadi etanol dengan bantuan ragi.

Cara pengolahan etanol dari bahan lignoselulosa berupa jerami sebagai berikut: (a) jerami digiling, dikukus selama 5 jam, (b) pengepresan jerami yang telah dikukus, diperoleh cairan berupa larutan glukosa, (c) bahan fermentasi yang terdiri dari ragi tape + urea + NPK dilarutkan dalam air agak hangat, dan ditambahkan pada larutan glukosa, dengan perbandingan: 100 gr (ragi tape + urea+ NPK) + 30 l larutan glukosa + 60 l air, (d) campuran larutan difermentasi selama 5 hari, (e) hasil fermentasi didestilasi pada suhu pemanasan

80-90°C selama 2,5 jam, dan (f) dari proses destilasi akan dihasilkan etanol 50% sebanyak 30 l. Untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 95% dilakukan destilasi ulang menggunakan alat destilasi untuk etanol kadar tinggi.

Sisa jerami dari pengolahan etanol, setelah pengepresan dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik untuk lahan pertanian baik dikebun maupun pekarangan. Sisa jerami dapat pula diolah menjadi pupuk organik, dengan penambahan kotoran ayam atau sapi dan EM4 (*Effective microorganism*). Proses pengolahan pupuk organik ini dapat menggunakan metode pengolahan pupuk organik limbah kelapa sistem mekanis.

BAB IX

TANAMAN KONSERVASI

Pada pelaksanaan konservasi, perlu dipertimbangkan kondisi kesuburan tanah dan jenis tanaman yang adaptif terhadap tempat tumbuh. Kondisi tanah yang menjadi prioritas adalah lahan dengan kesuburan rendah antara lain tanah kritis, tanah marginal seperti Posolik Merah Kuning yang terdegradasi, Organosol dan Entisol. Pohon yang mempunyai daya kesesuaian terhadap tanah marjinal adalah mampu tumbuh pada berbagai kondisi tanah terutama pada tanah kritis, akan berpotensi untuk perbaikan kesuburan tanah, tumbuh baik pada musim kekeringan, tajuk ringan, dan tahan kebakaran. Bertambah luas kawasan hutan kritis, berpeluang terjadinya erosi, banjir, dan bencana alam yang merugikan masyarakat (Purwanto dan Singoringo, 1999).

Aren dapat dikembangkan menjadi tanaman konservasi karena sistem perakaran dalam 10-30 m dan daya cengkeraman yang kuat, juga dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-1400 m dpl, di daerah pegunungan dengan topografi miring, dan secara alami banyak dijumpai di daerah hutan. Sistem *Alley cropping* (pola tanam lorong) dan *Agroforestry* adalah model konservasi dengan memanfaatkan tanaman aren (Alam dan Baco, 2004).

Permasalahan dan Solusi

Sumber daya kehutanan yang dimiliki Indonesia mengalami kemerosotan yang sangat cepat dan sangat luas, saat ini sulit untuk mengharapkan potensi ekonomi kehutanan

sebagai penyumbang devisa, ekspor dan lapangan pekerjaan bagi masyarakat. Penebangan hutan secara liar dan ilegal, eksploitasi sumber daya kehutanan berlebihan, tidak ramah lingkungan, penyeludupan hasil dan produksi kehutanan yang tidak terkendali menjadi penyebab utama rusaknya sumber daya, ekosistem hutan, termasuk kerusakan lingkungan. Selain itu, masih sangat dibutuhkan produk hasil hutan sebagai salah satu komoditas ekspor unggulan, penciptaan lapangan kerja serta sumber pendapatan bagi penduduk di sekitar hutan.

Pada masa mendatang, pengelolaan pembangunan sektor kehutanan sudah tidak dapat lagi dipisahkan dengan pembangunan sektor lingkungan hidup. Pengelolaan sumber daya kehutanan harus diarahkan agar tetap dapat ditingkatkan produksinya secara berkesinambungan dan selaras dengan daya dukung alam lestari, yang dapat memberi kemakmuran dan kesempatan kepada masyarakat untuk mengusahakan hutan secara lestari, dalam membantu mengatasi perubahan iklim global. Peningkatan produksi kehutanan diharapkan dapat dicapai dengan pengelolaan hutan alam secara lestari, dibarengi dengan optimalisasi pengembangan hutan tanaman industri dan tanaman pangan. Ke depan pengelolaan sumber daya kehutanan nasional dilakukan secara maksimal, melalui peran pemerintah daerah bersama masyarakat setempat (Prabowo, *et al*, 2009).

Kelimpahan sumber daya kehutanan Indonesia mengalami kemerosotan yang sangat cepat dan sangat luas, sehingga saat ini, sulit untuk mengharapkan potensi ekonomi kehutanan sebagai penyumbang devisa, ekspor serta lapangan pekerjaan. Penebangan hutan secara liar dan ilegal, eksploitasi sumber daya kehutanan berlebihan, tidak ramah lingkungan,

penyeludupan hasil dan produksi kehutanan yang tidak terkendali menjadi penyebab utama rusaknya sumber daya, ekosistem, termasuk kerusakan lingkungan. Sementara itu, masih membutuhkan sumbangan hasil produk hutan sebagai salah satu komoditas ekspor unggulan, penciptaan lapangan kerja serta sumber pendapatan bagi penduduk di sekitar hutan.

Pada masa mendatang, pengelolaan pembangunan sektor kehutanan sudah tidak dapat lagi dipisahkan dengan pembangunan sektor lingkungan hidup. Pengelolaan sumber daya kehutanan harus diarahkan agar tetap dapat ditingkatkan produksinya secara ber-kesinambungan dan selaras dengan daya dukung alam yang lestari, yang dapat memberi kemakmuran dan kesempatan yang seluasluasnya kepada masyarakat untuk mengusahakan hutan secara lestari. Berkembangnya pula hutan sebagai sumber pangan dan upaya pelestarian sumberdaya hutan dalam membantu mengatasi perubahan iklim global. Ke depan diharapkan pengelolaan sumber daya kehutanan semaksimal memberdayakan peranan pemerintah daerah, juga masyarakat adat setempat, namun tetap di bawah pengawasan dan koordinasi dengan pemerintah pusat.

Aren Tanaman Konservasi

Pemanfaatan tanaman kayu, pada rehabilitas lahan dalam rangka konservasi seperti akasia (*Acacia mearensii*), pada umur tanaman 10-15 tahun, menarik minat petani untuk melakukan penebangan untuk dimanfaatkan kayunya, yang menyebabkan hutan terbuka, dan pohon akasia mudah terbakar pada musim kemarau. Pohon aren dapat tumbuh

pada tanah marginal, tanah kritis, lahan miring, tumbuh stabil pada musim kemarau, sehingga dapat didayagunakan sebagai tanaman konservasi.

Tanaman aren berfungsi sebagai konservasi lahan karena sistem perakaran yang kuat dan bermanfaat untuk mencegah terjadinya erosi tanah. Daun lebar dan batang tertutup dengan ijuk, efektif menahan air hujan yang langsung ke permukaan tanah. Oleh karena itu, tanaman aren sangat potensial digunakan sebagai bahan tanaman dalam penanggulangan degradasi lahan dan reboisasi lahan kritis. Tanaman aren sebagai tanaman konservasi lahan dan air berkaitan dengan sistem perakarannya, yakni perakaran dengan arah vertikal dengan kedalaman 15 m dan horisontal mencapai 10 m, perakaran yang kokoh dan panjang, yang akan memberikan kestabilan pada tanah.

Pendayagunaan tanaman aren sebagai tanaman konservasi tidak membutuhkan pemeliharaan intensif dan perbanyakkan alami oleh tanaman itu sendiri di areal kehutanan cukup baik. Untuk optimal produksi nira dan tepung aren, penanganannya adalah penjarangan anakan/tunas, setiap rumpun tumbuh 3-4 pohon, dan pembersihan sekitar rumpun untuk memudahkan pengambilan hasil. Aren dapat ditanam sebagai komponen tanaman untuk reboisasi atau penghijauan, sehingga tidak bersaing dengan komoditas pangan.

Sejak awal tahun 80-an, konservasi hutan, tanah dan air dilaksanakan secara terpadu antara kementerian (Pertanian, Kehutanan, Pekerjaan Umum, Keuangan, Pemerintah Daerah, dan Lingkungan Hidup). Kementerian Kehutanan sejak tahun 1987/1988, telah memanfaatkan aren sebagai tanaman hutan kemasyarakatan (*Social forestry*) sebagai zone penyangga dan penghijauan lahan kritis dan daerah aliran sungai (Ardi, 2004).

Pengembangan aren, disamping memproduksi bioetanol sebagai pengganti bahan bakar minyak yang berasal dari fosil, pengembangan aren di lahan hutan baik yang kritis maupun lahan yang terlantar. Diharapkan dapat menjadi pohon penahan erosi, penyerap air sekaligus untuk reboisasi lahan-lahan gundul. Aren dapat ditanam di lahan yang kurang subur atau lahan kritis, karena tanaman ini relatif tidak membutuhkan air yang banyak, justru sebaliknya aren mampu menyimpan dan mempertahankan kondisi air tanah pada tempat tumbuhnya. Implikasi ekonomi dari sifat unggul ini adalah pengembangan aren tidak berkompetisi dengan tanaman pangan, dapat ditanam pada lahan marjinal, yang justru tanaman pangan lainnya sulit tumbuh baik. Lahan potensial pengembangan aren yang luas di Kalimantan, Sulawesi, Sumatera, Maluku dan Papua yang bukan lumbung pangan nasional (Prabowo, *et al*, 2009).

BAB X

SOSIAL EKONOMI AREN

Ketergantungan masyarakat terhadap aren cukup menonjol, ditandai usaha penyadapan nira, pengolahan gula dan tuak menjadi pekerjaan utama petani aren pada desa-desa sebagai sentra produksi aren, seperti di Sulawesi Utara, Gorontalo, Jawa Barat, Banten, Kalimantan Timur dan Sumatera Barat. Saat ini, petani dihadapkan pada rendahnya pendapatan yang diperoleh dari pengusahaan aren, namun usahanya tetap dilaksanakan, dengan pertimbangan bahwa nilai ekonomi yang diperoleh masih dapat menunjang ekonomi keluarga, dan pilihan sumber pendapatan dari pekerjaan lain masih sangat terbatas. Selain itu, pengetahuan yang dimiliki secara turun-temurun telah menyatu dengan petani/pengolah aren.

Umumnya pemasaran produk gula aren dan tuak secara langsung ke pasar lokal/pasar tradisional dalam jumlah relatif kurang belum menjai masalah. Penggunaan minuman beralkohol dari nira aren secara berlebihan, berdampak terhadap kerawanan sosial dan kriminal, perlu diminimalkan atau dihindari, yakni dialihkan untuk menghasilkan produk-produk yang bernilai ekonomi dan mempunyai pasaran luas antara lain memproduksi etanol atau bioetanol, untuk keperluan farmasi, kesehatan dan bioenergi.

Produk gula aren, kolang kaling, dan ijuk selain untuk memenuhi pasar lokal dan antar pulau, juga produk-produk aren ini telah diekspor ke Singapura, Hongkong, Jepang, Amerika Serikat dan Eropa (Setyadi, 1994).

Sulawesi Utara

Daerah sentral produksi aren di Sulawesi Utara yakni di Kecamatan Motoling (Minahasa Selatan), Tareran (Minahasa), Kecamatan Tomohon Utara (Tomohon), dan Kecamatan Passi Timur (Bolaang Mongondow). Potensi aren di Sulawesi Utara sekitar 2 juta pohon aren produktif, dengan produksi rata-rata 10 l nira/ pohon/ hari. Pohon aren yang disadap berkisar 5-10 pohon atau rata-rata 7 pohon/petani. Tingkat penyadapan aren dikategorikan rendah, untuk optimal penyadapan aren sekitar 15-20 pohon/hari.

Pada daerah sentra produksi aren ini, produk utama yang dihasilkan adalah gula cetak dan tuak atau captikus. Produk lain seperti gula semut kurang berkembang, karena penanganannya membutuhkan peralatan cukup memadai, waktu kerja lebih lama dan bahan bakar yang cukup banyak, dibandingkan dengan pengolahan gula cetak dan tuak. Pemasaran gula cetak dan captikus dilakukan anggota kelompok ke pedagang pengumpul di desa atau pasar setempat.

Pengolahan captikus di Desa Langsot Tareran Minahasa, secara kelompok beranggotakan 35 petani, yang membentuk kelompok kecil berjumlah 3-4 petani, melakukan pengolahan pada satu unit pengolahan secara bergiliran. Pengolahan captikus atau minuman beralkohol oleh petani aren di daerah ini sangat menonjol, karena secara ekonomi menguntungkan dibandingkan dengan produk aren lainnya.

Pengolahan gula kristal aren di Masarang Tomohon, berupa perusahaan yang menggunakan pengolahan sistem mekanis, mulai pemekatan awal bahan baku sampai dengan proses pengepakan produk gula semut. Tingkat teknologi

yang diaplikasikan pada pengolahan gula kristal, dapat dikategorikan teknologi maju. Pengadaan bahan baku nira aren mentah dari petani dibayar tunai, dan tenaga kerja pada unit pengolahan dan administrasi diupahkan bulanan. Penyediaan bahan baku oleh petani di desa-desa penghasil nira aren wilayah Tomohon dan sekitarnya, serta produk dipasarkan pada pasar lokal dan ekspor.

Tahun 2007, di Minahasa Selatan Sulawesi Utara, telah dilakukan percontohan pengolahan etanol kadar 70-90 %, namun pengembangannya terbatas, karena alat pengolahan yang digunakan belum mencapai kadar etanol dan kapasitas yang diinginkan. Tahun 2012, dicanangkan di Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, pengolahan nira aren menjadi bioetanol untuk farmasi dan bioenergy, dengan kapasitas produksi 300 l bioetanol/hari. Penanganan usaha ini melibatkan pemerintah daerah, koperasi, petani, lembaga penelitian dan pihak swasta PT. Seho. Di rencanakan untuk pengembangan jangka panjang adalah pengolahan etanol kasar yang dihasilkan petani, dan direncanakan secara bertahap mengalihkan usaha cap tikus menjadi bioetanol. Namun program ini tidak berkembang secara komersial, karena faktor bahan baku dan pemasaran produk.

Gorontalo

Daerah sentra produksi aren di Provinsi Gorontalo adalah Kecamatan Tapa, Suawa dan Talaga. Hasil studi yang dilakukan di Kecamatan Talaga dan Kecamatan Suawa menunjukkan bahwa usaha dilakukan oleh keluarga tani, dengan pendapatan utama berasal dari penjualan produk nira segar, gula dan tuak.

Umur tanaman aren yang disadap berkisar 8-10 tahun, dan yang disadap 5-10 pohon, rata-rata 7 pohon dengan produksi 2.500-3.750 l/bulan atau produktivitas 357-538 l/bulan/pohon. Kontribusi pendapatan dari produk aren berkisar 80-90 %, sedangkan sisanya berasal dari usaha tani lain. Pendapatan dari pengusahaan aren dan usahatani lainnya dapat memenuhi kebutuhan keluarga (Mokodongan, *et al*, 1991).

Jawa Barat

Jawa Barat merupakan daerah aren terluas di Indonesia, dan yang menjadi sentra produksi adalah Kabupaten Garut, Ciamis, Tasikmalaya, Cianjur, Majalengka dan Sukabumi. Pemanfaatan aren di Jawa Barat cukup menonjol, berbagai komponen hasil telah diolah secara komersial untuk memenuhi pasar domestik dan ekspor. Produk utama yang diusahakan petani adalah gula aren, dan sebagian kecil produk ijuk, tepung aren dll, dalam bentuk usaha kecil menengah yang bekerjasama dengan pedagang/eksportir. Pengolahan gula aren di Jawa Barat dilakukan ber-kelompok, dan bermitra dengan pedagang. Pengusaha menyiapkan sarana/unit pengolahan gula dan membeli produk aren yang dihasilkan petani.

Pada pengolahan gula aren di Jawa Barat, permasalahan yang dihadapi adalah terbatasnya sumber kayu bakar, kadang-kadang petani menebang pohon pada hutan lindung untuk dijadikan kayu bakar. Untuk jangka panjang diperlukan usaha penanaman pohon kayu diantara pertanaman aren untuk cadangan kayu bakar pada pengolahan gula, sekaligus menghindari perusakan hutan lindung.

Banten

Tahun 2004, luas areal tanaman aren di Provinsi Banten mencapai 1.953 ha, dengan produksi 1.209,83 ton gula aren (gula cetak dan gula semut). Wilayah yang mengusahakan aren adalah Kabupaten Lebak dan Pandeglang, dengan produktivitas aren di Provinsi Banten rata-rata 1,72 ton gula/ha/tahun.

Pengusahaan aren di provinsi Banten, kurang intensif, ditandai dengan keadaan pertumbuhan aren yang tumbuh bersama-sama dengan tanaman kehutanan, dan tidak dilakukan penjarangan tanaman hutan disekitar pertanaman aren. Selain itu, tanaman aren yang berproduksi sekarang tumbuh secara alami tanpa dilakukan usaha budi daya. Pengusahaan aren terutama untuk menghasilkan gula (gula cetak dan gula semut) dan hasil samping berupa ijuk aren, yang dilakukan dalam bentuk Industri Kecil Menengah (IKM) dan koperasi.

Produksi gula semut sebagian diekspor dan sebagian dipasarkan pada swalayan di Jakarta, Surabaya dan Bali. Gula cetak di pasarkan pada pasar lokal dan regional, terutama industri kecil pengolahan makanan. Produk ijuk hanya dipasarkan secara lokal di Kabupaten Lebak. Selain gula, diproduksi kolangkaling, gula aren cair dan ijuk.

Pengolahan gula semut di Banten, diusahakan petani secara konvensional dan diusahakan secara mekanis pada unit pengolahan koperasi. Pengolahan yang lakukan petani/kelompok tani meliputi: penyadapan dan pengumpulan nira dan pemasakkan nira menjadi gula semut kasar. Pengolahan tingkat kelompok tani dihasilkan gula semut kasar, dengan karakteristik, sebagai berikut: kadar air 6,51 %, kadar sakarosa

86,84 %, cemaran logam Pb kurang dari 0,05 ppm dan kadar abu 1,36 %. Kelemahan dari gula semut kasar yang diproduksi kelompok tani adalah kadar air yang tinggi ($> 3,0$ %) dan ukuran butiran yang tidak seragam, mulai dari kristal butiran halus sampai bongkahan kristal gula.

Pengolahan pada tingkat koperasi, dengan kegiatan meliputi pengeringan ulang gula semut kasar yang dihasilkan petani/kelompok tani, pengayakan dan pengepakan. Cara pengeringan gula semut dilakukan dengan dua cara, yakni dengan sinar matahari dan oven sistem rak, 70 % produk dikeringkan dengan oven dan 30 % dengan sinar matahari. Pengayakan secara manual, dengan saringan ayakan stainless steel 18-20 mesh. Produk dikemas dalam karung propilien dengan dua lapisan beratnya 50 kg/karung.

Tahun 2005, produk gula semut kasar yang berasal dari petani dibeli koperasi dengan harga Rp. 4.000/kg untuk petani yang bukan anggota koperasi, untuk anggota koperasi harganya Rp. 4.500/kg. Petani selaku anggota koperasi memperoleh tambahan pendapatan sebesar Rp. 600/kg, yakni selisih harga penjualan (Rp. 500/kg), SHU (Rp. 50/kg) dan jasa kelompok (Rp. 50/kg).

Kapasitas riil Koperasi Usaha Bersama (KUB) Mandala Hariang sebesar 15 ton gula semut/bulan, juga mengolah kolang kaling dengan produksi 2 ton/ tahun. Untuk kontinuitas produksi gula semut jangka panjang, koperasi memberdayakan kelompok tani untuk melakukan pembibitan aren sebanyak 10.000 anakan, untuk ditanam pada areal seluas 25 ha (Lay dan Karouw, 2006).

Kalimantan Timur

Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah penyebaran tanaman aren. Sebaran tanaman aren meliputi Samarinda, Balikpapan, Bontang, Paser, Kutai Kartanegara, Kutai Timur, Kutai Barat, dan Nunukan. Luas areal aren di Kalimantan Timur, sekitar 1.504 ha. Potensi tanaman aren di Kabupaten Kutai Timur 312,50 ha, dengan produksi gula rata-rata 402,41 kg/ha, dan tenaga kerja yang terlibat 559 kk.

Aren di Kabupaten Kutai Timur, tersebar di sembilan kecamatan, terbesar di Kecamatan Sangkurilang dan Teluk Pandan. Pada tahun 2009 telah dilakukan eksplorasi dan karakterisasi tanaman aren di Kabupaten Kutai Timur, ditemukan adanya populasi aren tipe genjah yang ada di kecamatan teluk Pandan. Aren tipe genjah ini cukup potensial dikembangkan, karena selain pohonnya pendek, cepat menghasilkan, dan produksi nira cukup tinggi yakni 12 l/hari periode penyadapan (sekitar 3 bulan).

Hasil evaluasi terhadap 30 pohon induk aren sebagai sumber benih, setiap mayang betina dapat menghasilkan 400 benih terseleksi, dengan potensi benih aren yang dapat diperoleh 700-800 butir. Kebutuhan benih per hektar 600 butir. Potensi benih yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan benih aren untuk areal seluas 118 ha.

Di Kabupaten Kutai Timur, aren genjah setelah disadap dan diolah menjadi gula. Setiap petani mengolah rata-rata 50 l nira aren/hari, yang dapat menghasilkan 6 kg gula semut. Harga gula cetak Rp. 7.000/kg dan gula semut Rp.20.000/kg. Petani mengolah sebagian gula semut dan sebagian lagi dioleh menjadi gula cetak. Pendapatan kotor petani aren berkisar Rp. 84.000 sampai Rp. 120.000.-/hari (Tenda, 2011).

Sumatera Barat

Sumatera Barat, merupakan sentra produksi aren, dengan luas areal pertanaman mencapai 1.830 ha. Industri rumah tangga pengolahan aren yang berkembang di pedesaan adalah gula aren, tuak, kolang kaling dan ijuk. Pengolahan aren di desa Baruh Bukit Kecamatan Sungayang Kabupaten Tanah Datar, industri/jasa usaha menonjol adalah pengolahan produk aren. Produk aren yang diolah antara lain gula aren, tuak, kolang kaling dan ijuk. Usaha pengolahan hasil tanaman aren memperoleh pendapatan sebesar Rp. 6.183.200. Pendapatan terbesar dari usaha gula aren Rp. 3.809.400 (61,61 %), dari nira/tuak (17,68 %), kolang kaling 15,18 % dan ijuk 4,91 %.

Analisis ekonomi pengolahan gula aren di desa Baruh Bukit Kecamatan Sungayang Tanah Datar, untuk produksi 100 kg gula aren ternyata belum menguntungkan, karena upah tenaga kerja yang tinggi. Apabila penanganan usaha dilakukan oleh keluarga, upah kerja menjadi pendapatan keluarga, yakni sebesar Rp. 326.503/100 kg. gula aren. Pengolahan aren menyerap tenaga kerja keluarga sebesar 25,67 HKP. Pengolahan gula aren yang dilakukan keluarga cukup menguntungkan. Ketersediaan bahan baku kolang kaling dan kayu bakar untuk pengolahan gula yang terbatas, sehingga usaha pengolahan gula aren dan kolang tidak kontinu. Usaha pertanian yang menonjol di Desa Baruh Bukit Tanah Datar Sumatera Barat adalah pengusahaan aren dalam bentuk pengolahan gula, disusul usahatani tanaman pangan, ternak dan ikan serta usaha jasa (Tabel 23).

Tabel 23. Pendapatan petani aren di Desa Baruh Bukit Tanah Datar Sumatera Barat.

No.	Jenis Usaha	Sumber Pendapatan; Produk/Jasa	Jumlah Pendapatan (Rp)	Presentase (%)
1.	Pengusahaan aren	Gula aren	3.809.400	36,28
		Nira/tuak	1.093.500	10,41
		Kolang kaling	976.800	9,30
		Ijuk	303.500	2,89
2.	Usahatani	Padi	303.705	2,89
		Cabe	2.113.115	20,12
		Tomat	280.000	2,67
		Kayu manis, kopi, Buah-buahan	76.500	0,73
		Ternak dan ikan	1.125.000	10,71
3.	Luar Usahatani	Dagang dan kiriman	110.000	1,05
		Buruh	144.875	1,38
		Jasa (kesenian)	165.000	1,57
		Total	10.501.370	100,00

Sumber: Evaliza, *et al* (2002).

Sebaran tenaga kerja pada pengolahan gula aren menunjukkan bahwa pekerjaan yang membutuhkan banyak tenaga kerja adalah pengambilan nira dikebun (11,78 HKP) dan memasak nira menjadi gula aren (10,17 HKP) atau 21,95 HKP (85,5 %), sedangkan pekerjaan lain seperti menyiapkan kayu bakar, pengemasan gula dan memasarkan gula sebesar 3,72 HKP atau 14,5 % (Tabel 24). Pengembangan aren ke depan di Sumatera Barat, diperlukan penanaman pohon kayu untuk kayu bakar pada pengolahan gula. Untuk rehabilitasi pertanaman aren perlu dilakukan penjarangan anakan tidak produktif, agar pengolahan gula dan pengolahan kolang kaling serta pendapatan keluarga berlangsung kontinu, dan lingkungan hutan terpelihara secara lestari (Noer, 2002).

Tabel 24 . Jenis pekerjaan dan curahan tenaga kerja keluarga pengolah gula aren di Desa Baruh Bukit Tanah Datar Sumatera Barat.

No.	Jenis Pekerjaan	Tenaga kerja laki-laki (HKP)	Tenaga kerja wanita (HKP)	Tenaga Kerja Total (HKP)
1.	Mengambil nira di kebun	11,78	-	11,78
2.	Menyiapkan kayu bakar	2,05	0,68	2,73
3.	Memasak nira dan mencetak gula	8,82	1,35	10,17
4.	Pengemasan gula aren	0,36	0,51	0,87
5.	Memasarkan	-	0,12	0,12
	Jumlah	23,01	2,66	25,67

Sumber: Noer (2002).

BAB XI

PENGEMBANGAN AREN KE MASA DEPAN

Permasalahan

Permasalahan umum yang dihadapi petani/pengolah produk aren antara lain produktivitas rendah, mutu beragam dan kemasan kurang baik, harga jual rendah, yang berdampak rendahnya pendapatan petani aren. Pada agro-industri gula semut skala usaha kecil-menengah yakni masalah sebaran pertanaman dalam wilayah luas, pengumpulan nira untuk memenuhi kapasitas terpasang, teknologi pengolahan, modal kerja, dan terbatasnya jaringan pemasaran.

Pengembangan aren umumnya dalam bentuk usaha petani perorangan, dan penanganan usaha secara agroindustri dihadapkan pada masalah pekerja yang tidak terlatih, belum berkembang organisasi dan manajemen usaha. Selain itu, terbatasnya dukungan pemerintah dalam bidang pembinaan teknis, penyediaan kredit dan informasi pasar.

Dasar Pertimbangan

Pengembangan aren pada masa mendatang, sesuai rumusan Seminar Aren Nasional di Balikpapan, tahun 2012, antara lain:

- (1) Pemanfaatan tanaman aren sudah berlangsung lama, aren tumbuh alami, hanya sebagian kecil yang dibudidayakan, dan lambat berkembang menjadi komoditas agribisnis. Upaya yang perlu dilakukan

berbagai pihak terkait adalah pengembangan aren secara terintegrasi agar memberi manfaat yang optimal.

- (2) Peluang pengembangan industri aren ke depan sangat besar dilihat dari daerah penyebarannya yang sangat luas, bahan baku yang dapat diolah menjadi produk bernilai ekonomi, memiliki nilai komparatif, teknologi yang dibutuhkan mulai varietas unggul, budidaya, pasca panen, pengolahan hasil yang mudah diterapkan petani dan membuka lapangan kerja baru.
- (3) Pengembangan ke depan difokuskan pada industri aren untuk pangan dan energi terbarukan. Berbagai produk pangan dapat dihasilkan dari pengolahan nira, buah dan tepung aren. Membangun ketahanan Pangan dan Gizi dibutuhkan kolaborasi pengusaha, akademisi dan pemerintah dalam memanfaatkan teknologi untuk membangun daya saing.
- (4) Aren memiliki potensi besar sebagai sumber alternatif energi terbarukan yaitu bioetanol. Pengolahan nira aren menjadi bioetanol telah tersedia teknologinya. Untuk mewujudkan industri bioetanol berbahan baku aren, pengembangan aren patut dilakukan dengan menggunakan varietas unggul, teknologi budidaya yang terpadu, pengolahan dan pemasaran.
- (5) Dalam bidang penelitian dan pengembangan perlu konservasi plasma nutfah aren, pembangunan kebun induk, perakitan dan pelepasan aren unggul, perbanyak secara kultur jaringan, penyempurnaan teknologi budidaya, teknologi pengolahan bioetanol dan diversifikasi produk aren, terutama produk bernilai ekonomi cukup tinggi, praktis penanganannya, dan mempunyai pasaran luas (Anonim, 2012b).

Operasional Pengembangan

Penanaman aren diarahkan pada areal miring atau tanah lereng pada lahan kering dan daerah aliran sungai. Pada areal ini, tanaman aren selain berfungsi sebagai penghasil produk pangan dan produk lainnya, juga akan berfungsi sebagai tanaman konservasi.

Umumnya pertanaman aren yang tumbuh dengan tanaman kehutanan yakni pada areal hutan lindung, seperti Wilayah hutan di Tomohon dan Bolang Mongodow Provinsi Sulawesi Utara, pertanaman aren tumbuh baik dalam kawasan hutan lindung. Pertanaman aren pada areal ini, tidak lagi membutuhkan sumber bibit yang spesifik, bibit dapat dipilih dari pertanaman dengan produksi nira yang tinggi, dipilih anakan yang sudah berbatang yang berumur sekitar 2 tahun, dan tanaman calon bibit digali ditanam pada areal terbuka pada kawasan hutan. Penggalan calon bibit dan penanaman bibit dilakukan pada musim penghujan. Khusus pengusahaan pada tanah lereng terbuka, selain bibit berasal dari tanaman pada lokasi penanaman yang ada disekitarnya, terutama menggunakan bibit terpilih, dikenal sebagai bibit unggul yang dihasilkan lembaga penelitian. Untuk memperoleh sumber bibit yang unggul pada suatu kawasan atau populasi, dapat menjadi petunjuk adalah pertanaman aren dengan umur penyadapan yang pendek, cepat membentuk mayang dengan waktu sadap yang lama. Aren unggul ditandai dengan umur penyadapan lebih singkat, produktivitas tinggi, dan cukup lama masa penyadapan nira.

Pada pengusahaan aren pada areal kawasan hutan, yang menjadi permasalahan adalah kecenderungan penebangan pohon kayu pada kawasan hutan lindung untuk penyediaan kayu bakar untuk pemasakan gula aren. Sistem penebangan

pohon kayu yang tidak terkontrol, dalam jangka panjang akan mengganggu kawasan hutan lindung, yang seharusnya dipelihara dengan baik untuk cadangan sumber air bagi masyarakat dan sumber hasil hutan lainnya. Sebaiknya sumber kayu bakar untuk pengolahan gula aren dapat berasal dari tanaman kayu yang sudah mengering atau penebangan pohon kayu yang dikategorikan belukar, bukan pohon kayu yang berfungsi sebagai konservasi tanah dan air di kawasan hutan lindung.

Untuk mengantisipasi kebutuhan kayu bakar yang cenderung meningkat, seiring dengan usaha eksploitasi aren, penanaman aren pada areal kawasan hutan dan areal lereng terbuka, sebaiknya diikuti dengan penanaman pohon kayu yang pertumbuhannya cepat, yang ditanam di sekitar pertanaman aren, sehingga pada umur 8-10 tahun di mana aren (Aren Dalam) layak sadap, pohon kayu yang ditanam sudah cukup besar untuk ditebang sebagai kayu bakar, yang akan digunakan pada pengolahan gula dan minuman beralkohol.

Pemasaran produk aren berupa gula cetak, gula semut, dan minuman beralkohol dilakukan oleh pedagang desa yang membeli langsung kepada para petani. Pedagang desa umumnya sudah menjadi agen dari toko-toko atau perusahaan yang membutuhkan produk aren. Hubungan antara pembeli pada tingkat desa dengan para pengolah produk aren telah berlangsung lama, dan mereka saling percaya, kadang-kadang dengan kebutuhan yang mendesak, para pengolah telah menerima uang terlebih dahulu dan membayarnya kemudian dengan produk hasil olahannya. Hubungan ini, bukan sekedar mitra usaha, melainkan bersifat saling tolong menolong satu sama yang lain.

Pola pemasaran produk aren pada tingkat desa dan kecamatan, memungkinkan untuk dikembangkan dalam wadah koperasi, agar memperoleh harga yang lebih tinggi. Dalam wadah koperasi petani/pengolah produk aren yang menjual hasilnya ke koperasi harganya sama dengan yang dibeli pedagang desa dan memperoleh imbalan premi atau jasa tertentu yang diberikan koperasi kepada para pengolah produk aren berdasarkan satuan berat yang diterima koperasi, seperti yang dilakukan Koperasi Serba Usaha (KSU) di Hariang Lebak Banten, dengan adanya koperasi yang bermitra dengan petani aren, akan terbangun usaha pengembangan produk-produk diversifikasi lainnya, karena semakin luas wilayah dan informasi pasar yang dijangkau koperasi dibanding hanya dengan mengandalkan pemasaran oleh pedagang desa secara perorangan.

Pengembangan aren dalam bentuk agroindustri tidak mungkin dilakukan hanya oleh petani/keompok tani sendiri. Dukungan dan pembinaan dari pemerintah melalui instansi teknis terkait, dan lembaga keuangan sangat diperlukan dalam menunjang pengadaan benih unggul untuk perluasan areal tanam, pengadaan alat pengolahan, modal kerja, dan membantu jaringan pemasaran (Lay dan Heliyanto, 2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Akuba, R.H., 1991. Prospek dan perwilayahan pengembangan aren di Maluku dan Irian Jaya. Forum Temu Aplikasi Paket Teknologi di Irian Jaya, 22-24 Februari 1991.
- Alam, S., dan D. Baco, 2004. Peluang pengembangan dan pemanfaatan tanaman aren di Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Aren. Tondano, 9 Juni 2004.
- Anderson, A.K. 1961. Essentials of physiological chemistry. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, London; p. 169-175.
- Anonim. 2012a. Progressive Effects of Alcohol. <http://www.alcohol.vt.edu/Students/alcoholEffects/index.htm>
- Anonim, 2012b. Rumusan Seminar Nasional Aren. Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Bahri, S., B.E. Santoso, dan Y. Kurniawan. 2007. Pengujian bioetanol sebagai campuran bahan bakar pada mesin bensin stasioner. MPG - P3GI, Pasuruan ; 43(3):186-197.
- Dalibard, C. 1999. Overall view on the tradition of tapping palm trees and prospects for animal production. Livestock Research Rural development; 11(1):1-53.
- Ditjenbun. 2011. Statistik Perkebunan. Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Duryatmo. 2003. Tanaman gunung incaran eksportir. Trubus; 406(36): 82-83.
- Evaliza, D., R. Syahni, dan R.L.B. Irmayani, 2002. Analisa pendapatan yang berasal dari pohon aren dan kontribusinya terhadap pendapatan total keluarga petani. Jurnal Stigma; 10 (2) 174-177.

- FAO, 2000. New sports drink: coconut water. FAOINFO/AGRICULT/default.htm.
- Fornoff, L.L. 1981. Process for dehydrating ethanol and for the production of gasohol. United States Patent 4.273621.
- Itoh, T., A. Matsuyama., C.H. Widjaja., M.Z. Nasution, dan J. Kumendong. 1985. Composition of nira palm juice of high sugar content from palm tree. Proceeding of the IPB-JICA International Symposium on Agriculture Product, Processing and Technology. Bogor.
- Karouw, S., dan A. Lay. 2006. Nira aren dan teknik pengendalian produk olahan. Buletin Palma; (31):116-124.
- Kurniawan, Y., H.Triantar., H. Santoso, dan S. Yuliatun. 2009. Pengembangan teknologi untuk peningkatan produksi bioetanol berbahan baku tebu minimal 20%. Laporan Hasil Penelitian P3GI. Pasuruan.
- Lay, A., R.T.P. Hutapea., J.Tujuwale., J.O. Sondakh, dan A.L. Polakitan. 2004. Pengembangan komoditas aren di daerah Minahasa Sulawesi Utara. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren. Tondano, 9 Juni 2004.
- Lay, A. dan S. Karouw, 2006. Agroindustri gula semut aren dengan model Hariang di Provinsi Banten. Buletin Palma; (31):126-136.
- Lay, A., dan P.M. Pasang. 2009. Penelitian pengolahan aren untuk menghasilkan bioetanol sebagai energi alternatif. Kerja sama Balihristi Provinsi Gorontalo dan Balai Penelitian Palma.
- Lay, A. 2009a. Penggunaan ragi komersial pada pengolahan etanol dari nira aren. Buletin Palma; (37):60-66.

- Lay, A. 2009b. Rekayasa teknologi alat pengolahan bioetanol dari nira aren. *Buletin Palma*; (37):100 -114.
- Lay, A. dan B. Heliyanto. 2011. Prospek agroindustri aren. *Perspektif*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor; 10(1): 1-10.
- Lay, A. 2012. Rekayasa alat pengolahan etanol dari nira aren sistem evaporator-destilator ganda. *Buletin Palma*; 13(2): 92-102.
- Lay, A., dan G.H. Joseph. 2013. Karakteristik produk etanol nira aren. *Buletin Palma*; 14(1):1-5.
- Legowo, E.H. 2007. Blue print pengembangan bahan bakar nabati. Seminar dalam rangka Biofuel Expendition. Manado, 30 juli 2007.
- Lumentut, N., M.L.A. Hosang., dan A. Lolong. 2012. Identifikasi hama dan penyakit tanaman aren (*Arenga pinnata* Merr). Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Maliangkay, R.B., D. Allorerung., A. Ilat, dan C.M. Polnaja, 2000. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan bibit aren. *Buletin Balitka*; (26):66-69.
- Maliangkay, R.B., N. Mashud, dan M. Nur, 2012. Pengaruh pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi nira aren (*Arenga pinnata* Merr). Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Malik, A. 2012. Karakterisasi etanol dari nira aren dan etanol komersial. Laporan Praktek Lapang di Balai Penelitian Tanaman Palma. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Manansah, Y. 2012. Perkembangan produksi aren dalam di Desa Poopo Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara (Komunikasi Pribadi). Bimbingan Teknis

- Penerapan Teknologi Tepat Guna bagi KUMKM Sentra Berbasis Nira Aren Sebagai Energi Alternatif. Kotamobagu Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, 30 Juni 2012.
- Manaroinsong, E., R.B. Maliangkay dan Y.R. Matana, 2006. Observasi produksi nira aren (*Arenga pinnata*) di Kecamatan Langowan, Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara. Buletin Palma; (31): 111-115.
- Maskar, K., R.B. Maliangkay., D. Allorerung, dan Z. Mahmud. 1991. Kadar sukrosa pada berbagai posisi mayang tanaman aren. Buletin Balitka; (15): 69-71.
- Mashud, N., A. Lay., E. T. Tenda., R. B. Maliangkay, dan D.J. Torar, 2011. Budidaya dan pasacapanen aren. Balai Penelitian Tanaman Palma, Manado.
- Matana, Y. R., E. Murniati, dan E. R. Palupu, 2013. Efek penyadapan bunga jantan dan letak tandan bunga betina terhadap mutu benih aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr). Buletin Palma; 14(1):6-12.
- Meilianti, S. 2009. Formulasi bioetanol gel dengan pengental polimer asam akrilat. Skripsi Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Miller, B.F. 1978. Family health guide and medical encyclopedia. The Reader's Digest Association, Inc., Pleasantville, New York, Montreal.
- Mogea, J.P. 1991. Revisi Marga Arenga (Palmae). Disertasi Doktor, Fakultas Pascasarjana Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mokodongan, N., H. Hasni, dan Amrizal. 1991. Potensi tanaman aren di Kabupaten Gorontalo. Buletin Balitka; (13): 106-110.

- Mononutu, J. S. 2012. Meningkatkan nilai tambah produk tanaman aren melalui produksi bioetanol berbasis industri rakyat. Seminar Menuju Kemandirian Energi Melalui Produksi Bioetanol dari Tanaman Aren. Poopo Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, 27 Juni 2012.
- Murray, R.K., D.K. Granner., P.A.Mayes, dan V.W. Rodwell. 2003. Harper's biochemistry (Biokimia Harper, Diterjemahkan A. Hartono., A.P. Bani dan T.M.N. Sikumbang. Edisi 25). Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- Noer, M. 2002. Analisis curahan tenaga kerja wanita dalam produksi gula aren di Desa Baruh Bukit Kecamatan Sungayang Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Stigma*; 10(2): 178-182.
- Novarianto, H., H.G. Lengkey, dan E. T. Tenda. 1994. Karakteristik dan kemiripan populasi aren dari Provinsi Bengkulu, Sumatera Barat, dan Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Kelapa*; 7(2):1-7.
- Pasang, P. M., dan Salim. 2012. Pemanfaatan bioetanol gel sebagai bahan bakar alternatif untuk rumah tangga. Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Pontoh, J. 2004. Sifa-sifat pati aren dan pemanfaatannya dalam produk pangan dan industri. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren. Tondano, 9 Juni 2004.
- Prabowo, S., H. Djojohadikusumo., R. Pambudy., E. S. Thohari., Frans BMD., R. Purnama, dan W. Purnama. 2009. Membangun kembali Indonesia Raya; Haluan baru menuju kemakmuran. Institut Garuda Nusantara, Pusat Studi Strategis Indonesia. Jakarta.

- Prihandana, R., K. Noerwijati,, P.G. Adinurani., D. Setyaningsih., S. Setiadi dan R.R. Hendroko. 2008. Bioetanol ubi kayu: Bahan bakar masa depan. P.T. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Purnomo, E., Nahlodin dan Mirzawan PDN, 2004. Pengolahan nira aren menjadi gula kristal. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Aren. Tondano, 9 Juni 2004.
- Purnomo, P. R. dan S.B. Sunarto, 2012. BBM naik, siapa takut, saya buat sendiri BBM-nya. Penerbit CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Purwanto, I. dan H.H. Siringoringo, 1999. Upaya pelestarian potensi kesuburan tanah hutan. Prosiding Hasil Penelitian Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Richana, N. 2011. Bioetanol; Bahan baku, teknologi, produksi dan pengendalian mutu. Penerbit Nuansa, Bandung.
- Rindengan, B. dan S. Karouw, 2004. Palm wine aren. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren Nasional. Tondano, 9 Juni 2004.
- Rindengan, B., dan E. Manaroinsong, 2009. Aren; Tanaman perkebunan penghasil BBN. Penerbit IPB Pres. Bogor; hal. 1-22.
- Rumayar, H., J. Pontoh dan L. Kowel, 2011. Kristalisasi sukrosa pada pembuatan gula kristal dari nira aren. Buletin Palma; 12(2): 100-114.
- Santoso. H. dan U. Murdyatmo. 1994. Fermentasi etanol dari tetes tebu oleh *Saccharomyces* sp. Ps Y-01; Uji komparatif dengan 6 strain industri dan aplikasinya pada skala pabrik. Majalah Penelitian Gula, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia; 3(3):30-39.

- Setyadi, D. 1994. Tanaman aren (*Arenga pinnata* Merr) dan pemanfaatannya di Jawa Barat. Buletin Balitka; (22):47-55.
- Setyawan, N., A.N.A. Syah, dan Risfaheri. 2012. Potensi penggunaan teknologi membran untuk meningkatkan mutu nira aren sebagai bahan baku gula. Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Smith, W.T.M. 1988. Pemanfaatan pohon aren *di dalam* agroforestry. Prosiding Seminar Kehutanan. Samarinda, 19-21 September 1988.
- Soeseno, S. 1991. Bertanam aren. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suprihatin. 2007. Penjernihan nira tebu menggunakan membran ultrafiltrasi dengan sistem aliran silang. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 12(2) : 93-99.
- Tampake, H. dan E. Wardiana. 1994. Studi karakter aren (*Arenga pinnata* Merr) di Kabupaten Cianjur Jawa Barat. Buletin Balitka; (22): 53-57.
- Tenda, E.T. 2009. Eksplorasi aren (*Arenga pinnata* Merr) di Tomohon Sulawesi Utara. Buletin Palma; (37):114-118.
- Tenda, E. T., I. Maskromo, dan B. Heliyanto. 2009. Eksplorasi plasma nutfah aren (*Arenga pinnata* Merr) di Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Buletin Palma; (38):88-94.
- Tenda, E. T. 2011. Eksplorasi plasma nutfah aren (*Arenga pinnata* Merr) di Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Laporan Penelitian TA. 2011, Balai Penelitian Tanaman Palma, Manado.

- Tenda, E. T. 2014. Evaluasi persiapan pelepasan varietas unggul lokal tanaman palma (Aren Dalam Tomohon dan Sagu Baruk Sangihe). Laporan Tahunan 2014. Balai Penelitian Tanaman Palma. Manado.
- Umiyasih, U., D. Pamungkas., A. Rasyid., Y.N. Anggraeny., D. M. Dikman, dan I.W. Mathius. 2008. Pengaruh level penggunaan ampas pati aren (*Arenga pinnata* Merr) dalam ransum terhadap pertumbuhan sapi peranakan Ongole. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 11-12 November 2008.
- Wisnu, 2010. Teknologi membran untuk produktivitas dan efisiensi industri gula. <http://kebunaren.blogspot.com>.
- Wungkana, J. 2012. Tinjauan kesehatan minuman hasil pengolahan nira aren. Prosiding Seminar Nasional Aren. Balikpapan, 26-27 September 2012.
- Yudiarto, M. A. 2012. Penerapan sistem kilang nabati untuk sinergi produksi pangan dan energi di Kawasan Bolaang Mongondow. Seminar Menuju Kemandirian Energi Melalui Produksi Bioetanol dari Tanaman Aren. Poopo Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, 27 Juni 2012.

GLOSSARY

Agroforestry aren	: Model konservasi tanah dengan memanfaatkan tanaman aren
Agroindustri aren	: Pola pengolahan aren yang menggunakan sistem industri.
Alkohol	: Produk nira yang difermentasi, dievaporasi, didestilasi. Alkohol sama dengan etanol.
Alkoholmeter	: Alat pengukur kadar alkohol.
Apokol	: Titik tumbuh akar mudah dari bibit aren
Alley cropping	: Sistem tanam lorong dari tanaman aren di areal kehutanan.
<i>Arenga pinnata</i>	: Nama Latin dari aren
Aren Dalam	: Aren yang berumur panjang sekitar 8-12 tahun untuk disadap, contoh Aren Dalam Tomohon, Aren Dalam Sukabumi, dll
Aren Genjah	: Aren yang berumur pendek sekitar 4-5 tahun untuk disadap, contoh Aren Genjah Kutim, Aren Pendek, Aren Kijang, Aren Gading, dan Aren Kancil.
BBN	: Singkatan dari Bahan Bakar Nabati, contoh bioetanol dan biodiesel.
BBN-G2	: Singkatan dari Bahan bakar Nabati Generasi Dua, yakni bioetanol dari lignoselulosa.
Bersifat mobile	: Nira aren mengandung gula sukrosa cukup tinggi, yang mudah berubah atau mengalami proses fermentasi menjadi senyawa lain seperti alkohol dan asam cuka.
Bioenergi	: Energi alternatif yang berasal dari tanaman sebagai pengganti atau substitusi energi fosil, yakni bioetanol dan biodiesel.
Bioetanol	: Etanol atau etil alkanol atau alkohol yang berasal dari tanaman.
Bioetanol gel	: Bioetanol dalam bentuk fisik berupa gel.
^o Brix	: Ukuran kadar gula dalam bentuk senyawa sukrosa.

Dehidrasi	: Proses penyerapan air dengan saringan molekuler untuk meningkatkan kadar etanol, yang umum dilakukan adalah meningkatkan kadar alkohol 80-90 % menjadi ≥ 99 %. Alat yang melakukan proses dehidrasi disebut dehidrator.
Destilasi	: Proses pemisahan etanol dari campuran etanol dengan cara pemanasan. Alat yang melakukan proses destilasi disebut destilator.
Dilignifikasi	: Proses perombakan lignoselulosa untuk menghasilkan gula tunggal, seperti sukrosa dan xilol, yang selanjutnya dapat diproses menjadi bioetanol.
Etanol	: Nama lain dari senyawa kimia dimetyl alkanol atau alkohol
Etanol absolut	: Etanol yang berkadar ≥ 99 %
Evaporasi	: Proses penguapan dengan adanya panas. Alat yang melakukan proses evaporasi disebut evaporator.
Fermentasi	: Proses perubahan gula tunggal (sukrosa) dari nira aren menjadi etanol dengan bantuan enzim/ragi. Alat untuk proses fermentasi disebut fermentor.
Gasohol	: Bahan bakar campuran bensin dan etanol. Gasohol BE 5 % = campuran bensin 95 % dan etanol 5 %.
Gula kristal	: Nira aren yang diolah menjadi gula butiran berwarna putih
Gula merah	: Nira aren yang diolah menjadi gula merah atau gula cetak.
Gula semut	: Nira aren yang diolah menjadi gula butiran berwarna coklat.
Handrefractometer	: Alat pengukur kadar gula dalam $^{\circ}$ Brix.
Hapaksantik	: Sifat tanaman setelah menghasilkan bunga betina, kemudian tanaman mati.
Lignoselulosa	: Senyawa organik lignin dan selulosa, banyak dijumpai pada jerami, kayu dll.
Mayang jantan	: Karangan bunga jantan tanaman aren.

Mayang betina	: Karangan bunga betina tanaman aren
Membran ultrafiltrasi	: Membran yang terbuat dari polisulfon yang mampu meningkatkan kejernihan nira.
Mikrofiltrasi	: Filter yang terbuat dari porselien atau gel poliakrilik yang mampu menahan mikro-organisme dan spora.
Metanol	: Senyawa methyl alkohol yang digunakan pada pengolahan biodiesel dari minyak kelapa atau minyak sawit
Molases	: Cairan gula sisa yang pekat atau gula cair yang tidak mengkristal.
Proof	: Ukuran kadar alkohol pada minuman alkohol komersial. Proof 80 = 40 % kadar alkohol.
Rakila	: Rangkaian bunga tempat melekatnya bunga jantan dan bunga betina.
Residu	: Bahan sisa dalam pengolahan bioetanol, berupa zat cair, berkadar etanol (2-3 %).
Saringan molekuler	: Bahan berupa kristal, berfungsi menyerap air yang dikandung etanol pada proses dehidrasi etanol untuk menghasilkan etanol berkadar tinggi (> 96 %).

INDEKS

A

Akuba, R. H.	: 8
Alam, S.	: 12, 73, 101
Agroforestry	: 101
Agroindustri	: 2, 116, 120
Alkohol	: 1-3, 56, 58-66, 68-70, 79, 82-83, 93, 106-107, 119
Alkoholmeter	: 62, 63
Apokol	: 25, 27
Alley cropping	: 101
Anderson, A.K.	: 66, 68
Ardi, H.	: 105
Aren Dalam	: 10-19, 47, 113, 119
Aren Genjah	: 9, 11, 19-21, 112

B

Baco, D.	: 12, 73, 101
Bahri, S.	: 95
BBN	: 74, 76
BBN-G2	: 99
Bioenergi	: 3, 74, 76
Bioetanol	3, 28, 74, 76-80, 90, 92-95
Bioetanol gel	: 95-99
⁰ Brix	: 14, 35-36, 48-52, 59, 64, 67, 88, 91

D

Dalibard, C.	: 12
Dehidrator	: 77-79, 81, 83-85, 87-88, 90, 92
Dehidrasi	: 65-68, 78-90, 92-93
Destilasi	: 59-62, 64-67, 78-90, 92-93
Dilignifikasi	: 99
Duryatmo	: 6

E

Etanol	: 2, 6, 21, 59, 61-68, 74, 78-95, 106, 108
Etanol absolut	: 77, 80-82, 90, 92

Evaliza, D. : 114
Evaporasi : 48,84

F

FAO : 56
Fermentasi : 35-57, 56-64, 90, 92, 99-100
Fornoff, L.L. : 78

G

Gasohol : 76
Gula kristal : 3, 39, 47-50, 107-108
Gula merah : 1-3, 5, 39-41
Gula semut : 2-3, 6, 66, 107, 110-111

H

Handrefractometer : 40
Hapaksantik : 22
Heliyanto, B. : 4, 120

I

Itoh, T. : 36

J

Joseph, G.H. : 65

K

Karouw, S. : 36, 46, 58-59, 111
Kurniawan, Y. : 4, 83

L

Lay, A. : 4, 36, 40, 43, 45-46, 64-65, 78-79, 81-82, 84, 86, 88,
91, 111, 120
Legowo, E.H. : 75
Lignoselulosa : 99

M

Maliangkay, R.B. : 27, 29-30
Malik, A. : 67

Manansah, Y.	: 15
Manaroinson, E.	: 9, 13
Maskar, K.	: 36
Mashud, N.	: 1, 11, 25-26, 33
Matana, Y. R.	: 23-24
Mayang jantan	: 11-14, 16-17
Mayang betina	: 14, 17, 19, 21, 112
Meilianti, S.	: 97-98
Membran ultrafiltrasi	: 50-52
Mikrofiltrasi	: 56
Miller, B.F.	: 68
Metanol	: 65-66, 68, 94-95
Mogea, J.P.	: 13, 22
Mokodongan, N.	: 109
Molases	: 48, 65
Mononutu, J.	: 76
Murdiyanto, U.	: 61
Murray, R.K.	: 68

N

Noer, M.	: 114-115
Novariant, H.	: 19

P

Pasang, P.M.	: 96-98
Pontoh, J.	: 53
Prabowo, S.	: 102, 105
Prihandana, R.	: 77
Proof	: 60
Purnomo, E.	: 47
Purnomo, P.R.	: 101
Purwanto, I.	: 91

R

Rakila	: 26
Richana, N.	: 61, 94-95
Rindengan, B.	: 58-59
Rumayar, H.	: 49-50

Residu : 66, 79-80, 88, 90-91, 97

S

Salim : 96-98

Santoso, H. : 61

Saringan molekuler : 67, 79-80, 88, 90-91, 97

Setyadi, D. : 106

Siringoringo, H.H. : 101

Smith, W.T.M. : 1, 73

Soeseno, S. : 1, 8, 10

Suprihatin : 51

Sunarto, S.B. : 99

T

Tampake, H. : 16

Tenda, E.T. : 9-10, 14, 16-21, 112

U

Umiyasih, U. : 70-72

W

Wardiana, : 16

Wisnu : 50

Wungkana, J. : 70

Y

Yudiarto, M.A. : 93

PROFIL PENULIS



Penulis dilahirkan di Manado, 22 April 1953. Lulus Sarjana Pertanian Sarjana Pertanian (S1) pada Fakultas Pertanian Unsrat Manado, Jurusan Teknologi Hasil dan Mekanisasi (1982). S2 P Pertanian (1982), dan Program Studi S2 Teknologi Industri, IPB Bogor (1993). Mengawali tugas sebagai Manager/Kepala Unit Pengembangan Kelapa Kecamatan Rainis Kabupaten Sangihe-Talaud Sulut (1976-1978).

Penyuluh Pertanian Spesialis (PPS) Sulut (1982-1983). Kepala Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kabupaten Sangihe-Talaud Sulut (1984-1987). Tahun 1987 sampai sekarang sebagai Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Palma, Badan Litbang Pertanian. Tahun 2010 sebagai Peneliti Utama Bidang Teknologi Pascapanen. Selaku peneliti dihasilkan, antara lain: Teknik proses VCO metode pemanasan bertahap, Alat pengolahan kelapa/palma, Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu (Paten tahun 2002). Bersama Tim, menyusun buku: Tanaman Perkebunan Penghasil BBN (IPB-Press, 2009), 25 Tahun Balai Penelitian Kelapa dan Palma (Balit Palma, 2010), Pedoman Teknis Penanganan Pascapanen Kelapa *Cocos nucifera* (Ditjen Perkebunan, 2012), Abaka (*Musa textillis* Nee) dan Prospek Pengembangan di Kabupaten Kepulauan Talaud Sulawesi Utara (IPB-Press, 2013), Pedoman Agroindustri Kelapa (Ditjen Perkebunan, 2015). Memperoleh Penghargaan Peneliti/Perekayasa Alat/Mesin Pertanian Terbaik dari BBP-Mekanisasi Pertanian Serpong (1998), Peneliti Berprestasi dari Menteri Pertanian RI (1998), Ketahanan Pangan Tingkat Nasional dari Presiden RI (2010), dan Satyalancana Karya Satya XXX Tahun dari Presiden RI (2013). Menikah dengan Ritha E. Pandean dan dikaruniai dua orang putri; dr. Eunike Lay dan Manya Lay, MD, BMLS.



Muhammad Syakir, Lahir tahun 1958. Mengawali pendidikan tingginya di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar pada Program Studi Agronomi, yang diselesaikan tahun 1982. Pendidikan S2 dan S3 ditempuh di Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat masing-masing selesai pada tahun 1990 dan 2005.

Sejak tahun 2008 sampai dengan sekarang menjabat sebagai Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Sebelumnya bertugas Kepala Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (sekarang Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat) sejak 2006 sampai 2008). Sebelum jabatan tersebut, pernah menjabat sebagai Kepala Bidang Kerjasama dan Pendayagunaan Hasil Penelitian Puslitbang Perkebunan sejak 2005 hingga 2006, Kepala Seksi Pelayanan Teknis Balitro dari tahun 1995 sampai 2001. Menerima penghargaan Satya Lancana Karyasatya XX dari Presiden Republik Indonesia. Berkaitan dengan kegiatan pertanian, turut berkontribusi aktif dalam organisasi internasional, antara lain, menjadi anggota delegasi RI pada The G 20 Conference on Agriculture Research for Developmnet Promoting Science Partnership Food Security di Perancis tahun 2011; sebagai delegasi RI untuk mengikuti International Conference on Biofuel serta kunjungan ke Embrapa Brazilia; mengikuti Scientific Exchange dalam rangka Agrowisata di Singapura tahun 2007; dan pertemuan tentang Aromatik dan Rempah di Serawak Malaysia tahun 2006. Publikasi karya ilmiah dan hasil penelitian yang telah diterbitkan dalam bahasa Indonesia maupun Inggris pada jurnal ilmiah, majalah, semi ilmiah, surat kabar dan prosiding baik di dalam negeri maupun luar negeri. Disamping itu juga aktif sebagai pembicara pada workshop, seminar dan simposim baik berskala Nasional maupun Internasional.



Andi Nur Alam Syah, STP. MT. lulus SI di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (Faketa UGM) tahun 1998, lulus S2 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2002. Saat ini menjabat sebagai Kepala Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan), Serpong, dan merupakan pejabat

eselon II termuda di Badan Litbang Pertanian. Dengan keahliannya beliau dalam kurun waktu kurang dari 1 tahun setelah menjabat telah dilaunching 24 alsintan yang diakui dibutuhkan untuk pembangunan pertanian modern. Untuk mendukung program Upaya Khusus (UPSUS) beliau merupakan penanggung jawab UPSUS wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara.

Sebelum menjadi Kepala Balai Besar, Andi Nur Alam Syah adalah peneliti pasca panen dan menggeluti penelitian tentang bahan bakar biodiesel. Dengan tangan dinginnya pula dihasilkan aneka model bioindustri untuk tanaman perkenunan. Pernah menjabat pula sebagai Kepala Sub Bidang Program, Puslitbangbun Bogor tahun 2013 – 2016. Kepala Bidang Program dan Evaluasi, Puslitbangbun tahun 2016. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S-3 di Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang.

AREN

untuk pangan, bioenergi, dan konservasi

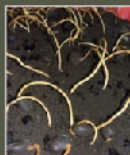
Tanaman aren telah lama di kenal masyarakat Indonesia, yang manfaatnya sebagai sumber pangan, bahan baku industri dan bahan kerajinan. Aren merupakan tanaman yang unik, sebagai tanaman hutan, perkebunan dan pangan. Pengembangannya terbatas dan hampir dilupakan, walaupun tanpa budi daya yang intensif dapat tumbuh baik dan menghasilkan.

Buku ini disusun berdasarkan rujukan dari hasil penelitian dan observasi tanaman aren pada berbagai sentra produksi aren, informasi lapang dan literatur, yang menguraikan tentang aspek produksi, ekspor, iklim, tanah, jenis aren, budi daya, panen dan penyadapan, pengolahan, sosial ekonomi dan pengembangannya. Pada buku ini, juga diuraikan pengolahan aneka produk aren skala kelompok tani, serta sosial ekonomi aren pada berbagai daerah sentra produk aren di Indonesia. Informasi yang disajikan ini, diharapkan dapat memberi pemahaman dan wawasan untuk menunjang pengembangan aren di masa mendatang.

Dalam buku yang berjudul: Bicara tentang aren dan bioetanol. PT Seho Sulawesi Utara, yang ditulis Bapak Johan Sinyo Mononutu (2012), mengungkapkan bahwa AREN singkatan dari *Aneka Ragam Energi Nabati*. Aren dalam bahasa Manado-Minahasa disebut SEHO dan nira aren adalah SAGUER. SEHO (*Sumber Energi Hari Esok*), dan SAGUER (*Serba Guna Energi Rakyat*).



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarmingu, Jakarta 12540
Telp. 021-7806202, Faks. 021-7800644



Pertanian

ISBN 978-602-344-175-4

