

TEKNIK PRODUKSI BIOETANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR PADA SKALA PEDESAAN¹

Ir. Abner Lay, MS²

²Peneliti Utama Teknologi Pengolahan Hasil, Balai Penelitian Tanaman Palma Manado.

ABSTRAK

Pengolahan bioetanol dapat dilakukan pada skala pedesaan dalam bentuk usaha kelompok tani/gapoktan/UKM. Model pengembangan produksi bioetanol sebagai bahan bakar yang dapat dicontohi antara lain Model Agromakmur Jawa Tengah, Model Poopo Sulawesi Utara dan Model Introduksi. Aplikasi model-model pengembangan ini, perlu memperhatikan sistem proses pengolahan (bahan baku, fermentasi, destilasi, dehidrasi, alat pengolahan yang digunakan) dan sistem pengelolaan usaha (pembinaan, pengadaan alat pengolahan, modal kerja, pemasaran, dll), agar pengembangannya dapat memberi manfaat yang optimal. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar akan berdampak pada peningkatan intensifikasi dan perluasan areal tanaman penghasil bioetanol, memperluas lapangan kerja, mengurangi pencemaran udara, menurunkan konsumsi BBM sekaligus sebagai ketahanan energi nasional.

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Masalah utama ketersediaan energi adalah makin menurun potensi produksi dan semakin meningkatnya konsumsi masyarakat akan minyak bumi. Di samping itu, gas buang hasil pembakaran dari kendaraan bermotor menjadi penyebab makin meningkatnya pencemaran udara, terutama diperkotaan.

Produk energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan untuk mensubstitusi minyak bumi, antara lain etanol atau bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar kendaraan motor bensin yang telah populer digunakan di negara-negara yang kurang memiliki sumber bahan bakar minyak bumi, seperti Brazil. Tujuan pengembangan BBN adalah: (a) mengurangi tingkat kemiskinan dan pengangguran, (b) mendorong peningkatan kegiatan ekonomi, melalui penyediaan bahan bakar nabati dengan jumlah yang cukup, kualitas baik, harga yang wajar, efisien, aman, akrab lingkungan, dan (c) mengurangi konsumsi BBM dalam negeri (Legowo, 2007).

Di Indonesia terdapat berbagai jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bioetanol, seperti ubi kayu, tebu, sagu, sorgum dan aren. Aren merupakan tanaman yang telah lama dikenal dan diusahakan masyarakat untuk menghasilkan bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang diperoleh melalui proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme. Untuk pemurnian bioetanol agar layak digunakan sebagai bahan bakar membutuhkan peralatan dan proses yang spesifik.

¹Disampaikan pada Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. Serpong, 10-11 Oktober 2012.

Teknik produksi bioetanol diarahkan untuk memanfaatkan potensi bahan baku bioetanol secara maksimal yang terdapat pada masing-masing daerah, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sagu, sorgum, aren dan limbah lignoselulosa dan hemiselulosa. Pengembangan produksi bioetanol sebagai bahan bakar di berbagai daerah, perlu mempertimbangkan bahwa bahan bakau cukup tersedia, teknologi mudah diaplikasikan petani/masyarakat dan biaya pengolahan terjangkau. Pengembangan produksi etanol terutama untuk mengatasi kebutuhan energi masing-masing daerah, yang dapat dilakukan oleh masyarakat di daerah yang bersangkutan.

Bioetanol sebagai bahan bakar telah lama di gunakan di Brazil, dan sudah diintroduksi di Indonesia dalam bentuk campuran bensin-bioetanol, yang dikenal sebagai Petramax. Penggunaan bahan bakar bioetanol mengurangi dampak negatif pencemaran lingkungan akibat gas buang kendaraan bermotor dan menghemat penggunaan bahan bakar minyak bumi yang cadangan dalam negeri yang makin menipis.

Tujuan

Tujuan teknik produksi produksi bioetanol sebagai bahan bakar pada skala pedesaan antara lain:

- (a) Pemberdayaan petani untuk intensifikasi budidaya, perluasan areal tanaman yang berpotensi menghasilkan bioetanol.
- (b) Introduksi teknologi pengolahan bioetanol yang praktis dilakukan oleh petani/pengolah untuk peningkatan pendapatannya.
- (c) Pengelolaan usaha pengembangan bioetanol, yang penanganannya dapat dilakukan oleh kelompok tani/gabungan kelompok tani dan UKM di pedesaan.

II. BIOETANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR

Karakteristik Bioetanol

Komponen mutu bioetanol yang menonjol memenuhi syarat kadar etanol 99,5 % sebelum denaturisasi dan kadar etanol 94,0 % setelah denaturisasi. Komponen lain yang penting adalah kadar metanol, Cu, Cl, S dan gum yang rendah (Richana, 2011). Penentuan komponen mutu ini dilakukan agar diperoleh bioetanol yang mudah terbakar dalam proses pembakaran dalam motor, dan tidak meninggalkan endapan atau membentuk kerak pada alat/mesin, yang dapat mengganggu proses pembakaran untuk jangka waktu lama.

Bioetanol mengandung nilai oktan yang tinggi dibanding dengan bensin, sehingga memudahkan dalam proses pembakaran dalam mesin. Selain itu, berfungsi sebagai aditif, yang ditandai dalam proporsi rendah yang dicampurkan dengan bensin murni dapat melancarkan proses pembakaran dan menghemat penggunaan bahan bakar.

Penggunaan Bioetanol Sebagai Bahan bakar

Dilaporkan Arthur dan Rose *dalam* (Rindengan dan Manaroinson, 2009) bahwa bioetanol atau etanol yang berkadar 95 %, selain dimanfaatkan untuk bahan pelarut, detergen, kosmetika, farmasi, juga sebagai bahan bakar roket.

Penggunaan bahan bakar campuran bensin-bioetanol kadar 96 % dengan rasio 90:10, yang digunakan pada motor bensin 2 tak (Slaser Tanaka Sum 328SE buatan Jepang) dan 4 tak (Robin 6,0 HP EX17 buatan Jepang), menunjukkan bahwa campuran bahan bakar bensin-bioetanol, akan menghemat penggunaan bahan bakar, yakni sebesar 12,5 % untuk motor bensin 2 tak dan 29,0% untuk motor bensin 4 tak, dibanding dengan menggunakan bahan bakar bensin (Lay, 2009).

Penggunaan campuran bensin-bioetanol pada mesin siklus-4 langkah lebih efektif dibanding mesin dengan siklus-2 langkah. Perbedaan ini disebabkan oleh desain motor-4 langkah dan 2 langkah, pada sistem kompresi dan pembakaran (Prihandana, *et al.*, 2008). Penggunaan campuran bensin-etanol pada kendaraan Nissan siklus 4 langkah dalam kondisi stasioner, bahan bakar premium-etanol 90:10, lebih tinggi *antiknock index* bahan bakar (makin sempurna pembakaran bahan bakar dalam mesin). Penggunaan bahan bakar mesin campuran bensin-bioetanol (90:10) sesuai untuk mesin 4 Tak dan 2 Tak. Penggunaan Ep 10 (Rasio campuran bensin-etanol 90:10) pada Toyota Kijang, konsumsi bahan bakar lebih hemat dibanding Pertamina dan bensin murni (Yamin, 2005).

Bioetanol dengan kadar 95 % dapat digunakan sebagai bahan bakar. Angka oktan lebih tinggi dari premium. Premium memiliki angka oktan 88, Pertamina 92 dan bioetanol dapat mencapai 118. Bioetanol mudah terurai menjadi unsur-unsur yang tidak berbahaya. Campuran bensin-bioetanol (90:10) akan memberikan manfaat antara lain emisi karbon monoksida berkurang, mesin tetap jalan mulus tanpa tambahan timbal atau bahan kimia lainnya (Pramono dan Sunarto, 2012).

III. MODEL PENGEMBANGAN

Model Agromakmur Jawa Tengah

Model Agromakmur adalah model pengolahan bioetanol dengan bahan baku tetes tebu (molases) dan jerami/rumput (bahan hemiselulosa), yang dikembangkan di Karanganyar Jawa Tengah. Pengolahan bioetanol dengan skala UKM atau kelompok tani.

Sistem proses

Pengolahan bioetanol dari tetes tebu, sebagai berikut:

- (a) Pengumpulan bahan baku tetes tebu dari pabrik pengolahan gula.
- (b) Fermentasi; tetes tebu 30 L dilarutkan dalam 60 L air, diberi ragi tape, ditambahkan campuran Pupuk urea, NPK sebanyak 100 g dan dilarutkan dalam air panas, campuran difermentasi selama 5 hari.
- (c) Pengolahan bioetanol kadar rendah, dengan proses evaporasi dan destilasi; pada proses evaporasi dilakukan pemanasan pada tangki evaporator dengan suhu 80-90 °C. Proses evaporasi-destilasi berlangsung selama 7 jam, dihasilkan etanol berkadar 50 % sebanyak 30 L.
- (d) Bioetanol berkadar 50 % dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor.
- (e) Untuk meningkatkan kadar etanol dilakukan pengolahan lanjut, dengan alat pengolahan bioetanol kadar tinggi, suhu evaporator 80-90°C selama 3,5 jam dan dihidrasi menggunakan saringan molekuler 3 Å, akan dihasilkan bioetanol kadar tinggi (95 %), dari 100 L bioetanol kadar rendah diperoleh 50 L bioetanol kadar tinggi.

Pengolahan bioetanol dari jerami (lignoselulosa dan hemiselulosa), sebagai berikut:

- (a) Pengumpulan bahan baku jerami tanaman seperti jerami padi, jerami jagung, batang gandum.
- (b) Proses pemisahan glukosa dari lignoselulosa dan hemiselulosa; dilakukan dengan cara perlakuan fisik, yakni bahan baku (jerami) dicacah, dan digiling.
- (c) Fermentasi; hancuran jerami yang telah dikukus selama 5 jam, dipres atau diperas, diperoleh cairan yang mengandung glukosa., difermentasi dengan cara yang lazim dilakukan pada proses fermentasi glukosa menjadi etanol. 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. Campuran larutan difermentasi selama 5 hari.
- (d) Evaporasi-destilasi; hasil fermentasi dievaporasi-destilasi pada suhu pemanasan 80-90 C selama 2,5 jam, dihasilkan etanol kadar 50 % sebanyak 30 L. Untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 95 % dilakukan destilasi ulang dengan alat destilasi kadar etanol tinggi, dan proses dehidrasi menggunakan saringan molekuler 3 Å, dari 100 L bioetanol kadar rendah akan dihasil 50 L bioetanol kadar tinggi (Purnomo dan Sunarto, 2012).
- (e) Sisa jerami 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, menggunakan metode pembuatan pupuk organik *Bokasih*.

Pengelolaan usaha

Pengelolaan usaha dilakukan melalui UKM, untuk setiap unit proses dapat memperkerjakan sebanyak 2 orang tenaga kerja atau total kebutuhan tenaga untuk pengelolaan bioetanol kadar rendah, bioetanol kadar tinggi, yang menggunakan bahan baku tetes tebu dan jerami serta pembuatan pupuk organik dari limbah pengolahan bioetanol membutuhkan tenaga kerja sebanyak 8 orang atau lebih, yang terdiri dari tenaga teknis pengolahan dan tenaga administrasi..

Pola pengolahan bioetanol dapat dilakukan pada setiap desa, sehingga setiap desa dapat memproduksi bioetanol sebagai bahan bakar untuk keperluan sendiri. Pada pengolahan bioetanol dihasilkan pula limbah, diolah menjadi pupuk organik, yang dapat menunjang perbaikan kesuburan tanah dan peningkatan produksi pertanian (Purnomo dan Sunarto, 2012).

Model Poopo Sulawesi Utara

Model Poopo Sulawesi Utara adalah model pengembangan agroindustri bioetanol dari nira aren, yang dikembangkan di Desa Poopo Kecamatan Passi Timur kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. Agroindustri model Poopo di Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, dikelola oleh koperasi *Katare Mandiri Energi*, berbasis kelompok tani dengan anggota perajin sebanyak 500 orang, dan dibantu instansi teknis (Dinas Koperasi, Dinas Perdagangan dan Dinas Perindustrian Kabupaten Bolaang Mongondow), Mitra usaha PT Seho Manado.

Pengembangan unit pengolahan bioetanol di Poopo mendapat dukungan pembiayaan dari Pemerintah Daerah Kabupaten Bolaang mongondow. Produk yang dihasilkan adalah bioetanol dengan orientasi pasar lokal dan antar pulau.

Sistem proses

Tahapan proses pengolahan bioetanol, sebagai berikut:

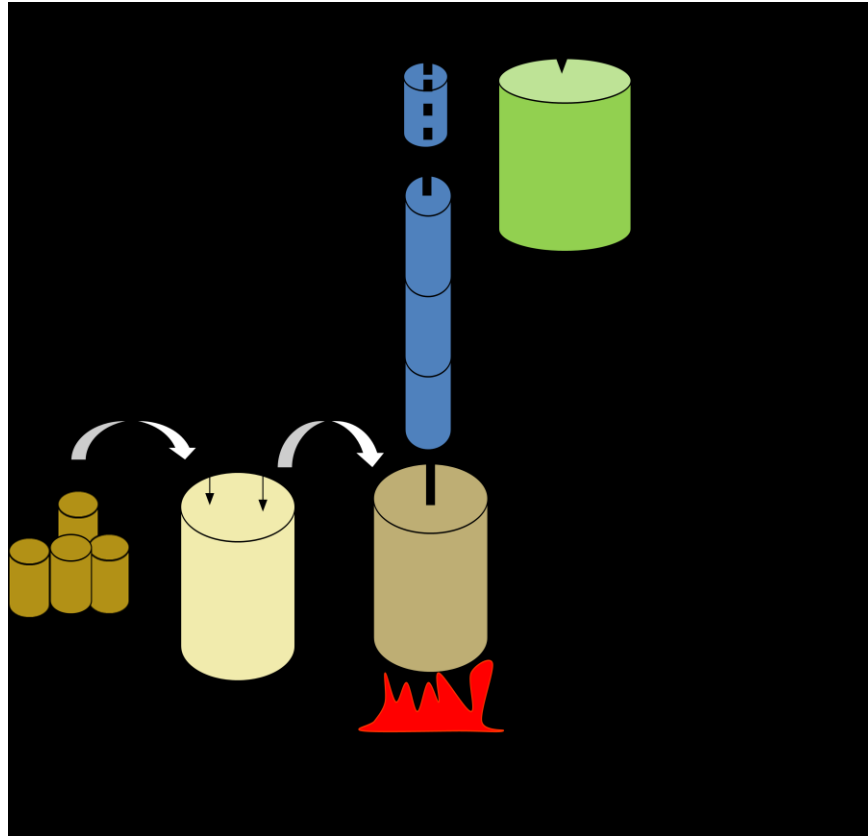
- (f) Pengumpulan nira oleh perajin/penyadap nira aren
- (g) Fermentasi nira menggunakan ragi roti, dengan lama fermentasi 2 hari.
- (h) Evaporasi dan destilasi; pada proses evaporasi dilakukan pemanasan pada tungki evaporator dengan suhu 90-100 °C. Pada proses evaporasi-destilasi dihasilkan etanol berkadar 80-90 %.
- (i) Penampungan hasil olahan bioetanol dari nira aren.
- (j) Pengolahan lanjut etanol kadar 80-90 % menjadi etanol atau beoetanol berkadar etanol ≥ 99 %. Sistem proses tertera pada Gambar 1. Tahapan proses butir (a-d), memungkinkan dilakukan oleh petani/anggota koperasi, sedangkan pada butir (e) direncanakan akan dilakukan oleh Mitra usaha (PT. Seho Manado), menggunakan alat spesifik (Yudiarto, 2012b). Untuk memproduksi etanol berkadar 98-99 % dapat pula menggunakan alat pengolahan bioetanol sistem evaporator-destilator ganda (Lay, 2011).

Pengelolaan usaha

Pengelolaan usaha dilakukan melalui koperasi Katare Mandiri Energi, anggotanya adalah petani perajin nira aren, dengan produksi utama etanol dengan kadar cukup tinggi (kadar etanol 80-90 %), pengadaan unit alat pengolahan dilakukan oleh Dinas Koperasi dan UKM Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. Pengolahan lanjut untuk pemurnian etanol menjadi etanol kadar tinggi dan etanol absolut, peralatannya dialokasikan melalui Kementerian Koperasi dan UKM, yang penanganannya proses dilakukan PT. Seho Manado.

Kerjasama dalam pengembangan bioetanol dari aren pada model Poopo Sulawesi Utara, dengan fungsi masing-masing sebagai berikut:

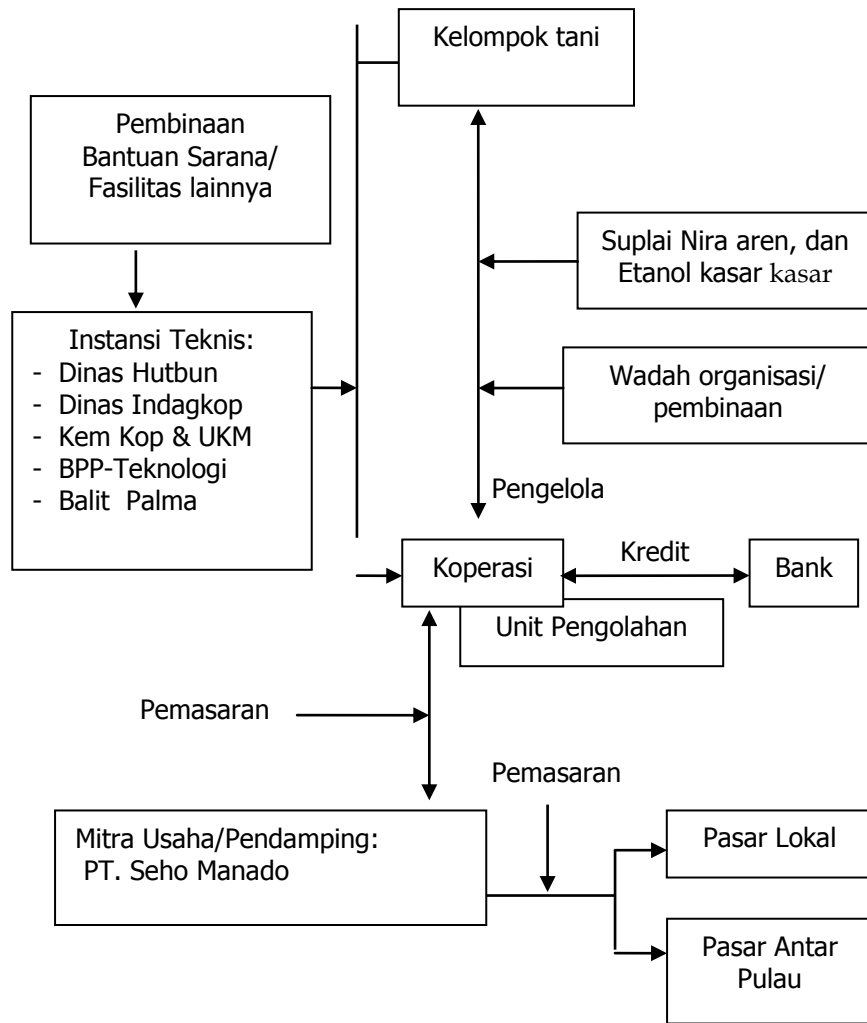
- (a) *Petani*; sebagai anggota kelompok tani sekaligus anggota koperasi berfungsi sebagai penyedia bahan baku nira dan mengolah nira menjadi etanol kasar.



Gambar 1. Skema proses pengolahan bioetanol model Poopo Sulawesi Utara

- (b) *Koperasi* ; melakukan pengumpulan dan pengolahan etanol menjadi etanol dengan kadar 80-90 %, dan memasarkannya.
- (c) *Pemerintah Daerah*; Dinas Kehutanan dan Perkebunan, Dinas Perindustrian Perdagangan dan Koperasi tingkat Propinsi/Kabupaten, berfungsi melakukan pembinaan, membantu pengadaan sarana pengolahan dan fasilitas lainnya.
- (d) *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi dan Balai Penelitian Tanaman Palma Manado*; sebagai instansi pembina teknis dalam bidang pengolahan bioetanol dan pembudidayaan aren.
- (e) *Mitra usaha* (PT. Seho Manado) sebagai pembeli bioetanol kadar 80-90 %, merancang alat pengolahan bioetanol dan memurnikan bioetanol menjadi bioetanol kadar ≥ 99 %, serta memasarkannya. Sistem kerjasama seperti pada Gambar 2.

Beberapa hal yang patut dipertimbangkan dalam pengembangan bioetanol model Poopo; (a) unit pengolahan dan kantor koperasi perlu diadakan oleh instansi teknis lingkup Pemerintah Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow, (b) pengadaan unit pengangkutan nira aren dari kebun ke unit pengolahan di koperasi, (c) legalitas pemasaran bioetanol, harga produk, dan (d) pengaturan pembiayaan, upah kerja, pajak dll oleh koperasi dengan bimbingan instansi teknis (Yudiarto, 2012a).



Gambar 2. Skema kerja sama pengembangan bioetanol model Poopo Sulawesi Utara

Model Introduksi

Model introduksi adalah model pengolahan bioetanol rancangan Balai Penelitian Tanaman Palma, yang penanganannya dapat dilakukan oleh kelompok tani atau UKM.

Sistem pengolahan

Pengolahan bioetanol dari nira aren dilakukan dalam tiga tahap dengan kebutuhan peralatan dan sistem proses sebagai berikut:

Tahap Pertama; Fermentasi dan destilasi awal, dengan kegiatan meliputi:

- Pengumpulan nira aren, dari penyadap.
- Fermentasi; fermentasi nira aren menggunakan ragi, membutuhkan waktu fermentasi 3 hari, proses fermentasi nira dengan tangki fermentor, diproses secara anaerob. Penggunaan ragi *Saccharomyces sp* Gold Pakmaya dan Fermipan menghasilkan 5,0-5,1 % etanol, lebih efisien dibanding fermentasi alami tanpa menggunakan ragi sebesar 4,0-4,5 %.
- Evaporasi-Destilasi pertama; destilasi dilakukan terhadap hasil fermentasi, untuk memisahkan komponen air dan etanol. Pada evaporasi-destilasi tahap pertama, menggunakan unit destilator tunggal yang telah umum digunakan masyarakat pengolah etanol kasar (*tuak, captikus*), suhu evaporasi 95-100 °C, akan dihasilkan etanol kasar yang berkadar etanol 26-43 % (Lay, 2009b).

Tahap Kedua; Memproduksi etanol kadar 80-96 %, sebagai berikut:

- (a) Proses pengolahan; Pengolahan dapat menggunakan alat pengolahan bioetanol sistem sinambung. Alat ini, terdiri dari: tangki penguapan, destilator I, destilator II, dehidrator, yang dirancang secara kompak, sehingga mulai dari proses evaporasi bahan olah, destilasi, dehidrasi sampai produk akhir berlangsung secara kontinu (Gambar 3).
- (b) Pada penggunaan alat pengolahan bioetanol sistem sinambung, dengan bahan baku etanol kadar 24-48 % dan dehidrasi dengan saringan molekuler zeolit alam produk yang dihasilkan adalah etanol kadar 90-94 %, tanpa saringan molekuler menghasilkan etanol kadar 80 %, sedangkan bahan baku kadar etanol 83 % menggunakan zeolit sintetis 3 Å dihasilkan etanol 96 %.
- (c) Kapasitas alat 100 l/periode proses, yang dapat menghasilkan bioetanol kadar 80-90 % sekitar 33 L.



Gambar 3. Alat pengolahan etanol sistem sinambung

Tahap Ketiga; Memproduksi etanol kadar 98-99 %, sebagai berikut:

- (a) Proses pengolahan: Pengolahan dapat menggunakan alat pengolahan bioetanol sistem evaporator dan destilator ganda. Alat ini, merupakan pengembangan dari alat pengolahan bioetanol sistem sinambung. Pengembangannya antara lain penambahan tangki evaporasi yang dirancang dengan dinding ganda, pipa alir hasil destilasi yang dipasang antara destilator-1 dengan tangki evaporasi-2, dan penambahan pipa pengaliran air destilasi dari destilator-1 (Gambar 4).
- (b) Dengan bahan baku etanol kadar 28 dan 70 % pada proses dehidrasi tanpa menggunakan saringan molekuler, menghasilkan etanol kadar 80-96 %, sedangkan bahan baku 25 dan 39 % pada proses dehidrasi menggunakan saringan molekuler zeolit sintetis 3 Å dapat menghasilkan etanol kadar 98-99 %.
- (c) Pada proses pengolahan etanol, patut diperhatikan suhu tangki evaporator berkisar 78-82 °C, dan untuk kestabilan suhu unit operasi, debit air 8-12 L/jam.
- (d) Kapasitas olah 100 L/periode proses, dari 100 L bioetanol 80-90 % akan menghasilkan bioetanol 98-99 % sekitar 80 L.
- (e) Pengolahan bioetanol model introduksi dapat diaplikasikan pada kelompok tani atau UKM (Lay, 2011).



Gambar 4. Alat pengolahan etanol sistem evaporator-distilator ganda

Pengelolaan usaha

Pengelolaan usaha bioetanol, dengan menggunakan alat pengolahan bioetanol sistem sinambung dan evaporator sistem ganda sistim ganda dapat dioperasikan oleh kelompok tani dengan bimbingan teknis dari instansi terkait. Untuk kemudahan pengelolaannya sebaiknya ditangani dalam bentuk koperasi seperti pada model Poopo Sulawesi Utara.

Pengadaan alat pengolahan dapat diusulkan oleh kelompok tani kepada instansi teknis terkait yakni Dinas Koperasi dan UKM, Dinas Perindustrian dan Dinas Perkebunan daerah. Pembinaan teknis untuk pengolahan bioetanol dapat diusulkan pada Balai Penelitian Tanaman Palma atau instansi teknis lainnya yang menangani pengolahan bioetanol. Pengadaan modal kerja pengolahan terutama untuk pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil dapat dilakukan melalui koperasi dan Mitra usaha/pendamping, seperti PT. Seho Manado. Sistem kerjasama dapat mencontohi model Poopo Sulawesi Utara.

IV. DAMPAK PENGEMBANGAN

Perkiraan dampak pengembangan teknik produksi bioetanol skala pedesaan sebagai:

- (a) Meningkatkan intensifikasi dan perluasan aren tanaman penghasil bioetanol.
- (b) Memperluas lapangan kerja, sekaligus menyerap tenaga kerja terutama dipedesaan.
- (c) Mengurangi konsumsi minuman beralkohol (etanol kasar) yang berdampak negatif bagi kesehatan dan kerawanan sosial masyarakat, terutama di daerah sentra produksi aren.
- (d) Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat mengurangi pencemaran dan meningkatkan kualitas udara, menurunkan konsumsi BBM sekaligus sebagai ketahanan energi nasional.

V. PENUTUP

Aplikasi dan pengembangan teknik produksi bioetanol skala pedesaan, akan berdampak pada peningkatan pemanfaatan potensi tanaman penghasil bioetanol, mendorong usaha intensifikasi, perluasan aren tanaman penghasil bioetanol, memperluas lapangan kerja, mengurangi konsumsi minuman beralkohol yang berdampak negatif bagi kesehatan dan kerawanan sosial masyarakat. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat mengurangi pencemaran udara, menurunkan konsumsi BBM sekaligus sebagai ketahanan energi nasional.

Upaya pengembangan bioetanol sebagai bahan bakar pada skala pedesaan, membutuhkan dukungan yang sinergi dan terintegrasi antar lembaga/instansi terkait dalam penyediaan alat/fasilitas pengolahan, pembinaan, penyediaan modal kerja, pengendalian pemasaran produk bioetanol, dengan peran utama kelompok tani/ gabungan kelompok tani atau UKM. Perlu diprogramkan oleh pemerintah dalam bentuk kegiatan massal untuk pemberdayaan masyarakat, dengan pilihan model pengembangan bioetanol yang didasarkan pada potensi bahan baku, kondisi SDM dan kebutuhan bioetanol sebagai bahan bakar pada masing-masing daerah, agar diperoleh manfaat yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Lay, A. 2009a. Rekayasa teknologi alat pengolahan bioetanol dari nira aren. Buletin Palma; (37):100 - 114.
- Lay, A. 2009b. Penggunaan ragi komersial pada pengolahan etanol dari nira aren. Buletin Palma; (37): 166-173.
- Lay, A. 2011. Prosesing etanol. Laporan Penelitian TA. 2010, Balai Penelitian Tanaman Palma, Manado.
- Legowo, E.H. 2007. Blue print pengembangan bahan bakar nabati. Seminar dalam rangka Biofuel Expendition. Manado, 30 juli 2007.
- Prihandana, R., K. Noerwijati,, P.G. Adinurani PG., D. Setyaningsih., S. Setiadi dan R.R. Hendroko. 2008. Bioetanol Ubikayu: Bahan Bakar Masa Depan. P.T. AgroMedia Pustaka, Jakarta
- Purnomo, P. R. dan S.B. Sunarto, 2012. BBM Naik ?? Siapa Takut ?. Saya Buat sendiri BBM-nya. Penerbit CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Richana, N. 2011. Bioetanol; Bahan baku, Teknologi, Produksi dan Pengendalian Mutu. Penerbit Nuansa, Bandung.
- Rindengan, B. dan E. Manaroinson. 2009. Aren; Tanaman perkebunan penghasil BBN. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Penerbit IPB Press, Bogor; hal. 1-22.
- Yamin, P.S.M. 2005. Gasohol BE 10, bahan bakar minyak alternatif karya Ba dan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPP-Teknologi), Jakarta.
- Yudiarto, M. A. 2012a. Penerapan sistem kilang nabati (Biorefinery) 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.
- Yudiarto, M. A. 2012b. Kemandirian energi bagi KUMKM melalui pengembangan energi alternatif berbasis nira aren. Bimbingan Teknis Penerapan Teknologi Tepat Guna bagi KUMKM Sentra Berbasis Nira Aren Sebagai energi Alternatif. Kotamobagu Bolaang Mongondow Sulawesi Utara, 30 Juni 2012.