

UBI KAYU SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI BIOETANOL

Erliana Ginting, Titik Sundari, dan Nasir Saleh¹⁾

ABSTRAK

Ubi kayu sebagai bahan baku industri bioetanol. Penggunaan sumber energi alternatif terbarukan yang berasal dari hasil pertanian seperti bioetanol perlu dilakukan karena meningkatnya harga Bahan Bakar Minyak (BBM) di pasaran dunia dan menipisnya cadangan fosil. Ubi kayu cukup berpotensi sebagai bahan baku industri etanol karena mampu memproduksi etanol sebanyak 2.000–7.000 l/ha/th. Kandungan pati yang tinggi pada ubi kayu merupakan substrat yang baik untuk menghasilkan glukosa sebagai produk antara pada pembuatan etanol. Proses pengolahan ubi kayu menjadi etanol meliputi gelatinisasi pati, diikuti hidrolisis pati secara enzimatik menjadi glukosa dengan menggunakan enzim amilase dan glucoamilase (likuififikasi dan sakarifikasi), lalu difermentasi menjadi etanol dan dilanjutkan dengan distilasi dan dehidrasi untuk mendapatkan bioetanol dengan kadar 99,5% (fuel grade). Berdasarkan kadar gula total, pati dan ratio fermentasinya, beberapa varietas/klon ubi kayu, di antaranya CMM 99008-3, MLG 0311, OMM 9908-4 dan UJ-5 sesuai untuk bahan baku industri etanol dengan nilai konversi 4–4,5 kg umbi kupas segar/liter etanol 96%. Departemen Pertanian melalui program Peningkatan Mutu Intensifikasi (PMI) dan perluasan areal tanam, telah memproyeksikan secara bertahap pengembangan ubi kayu untuk mendukung industri bioetanol. Program tersebut perlu mendapat dukungan semua *stake holder*, termasuk pengusaha/industri serta kebijakan serius dari Pemerintah untuk mendorong realisasi substitusi 10% premium dengan bioetanol (Gasohol E-10).

Kata kunci: ubi kayu, industri bioetanol

ABSTRACT

The use of cassava as an ingredient for bioethanol industry. The use of renewable energy sources derived from agriculture produce, such as bioethanol is essential due to increasing price of liquid fuel at international level as well as limited world

fossil stock. Cassava is a potential ingredient for ethanol industries with 2,000–7,000 l production per hectare per year. High starch of cassava is a good substrate to produce glucose, the intermediate product of ethanol. The process includes starch gelatinization, followed by enzymatic hydrolysis using amylase and glucoamylase and subsequently fermented by yeast to produce ethanol. This low grade ethanol is further distilled and dehydrated to obtain 99.5% ethanol (fuel grade). Based on the total sugar, starch content and fermentation ratio observations, four improved cassava varieties/promising clones were suitable for ethanol production purposes, namely CMM 99008-3, MLG 0311, OMM 9908-4 dan UJ-5 with a conversion value of 4–4.5 kg fresh roots for 1 litre 96% ethanol. The Ministry of Agriculture has projected the gradual development of cassava for bioethanol industries through intensification and extensification programs. However, these programs need support from all stake holders, include the private industries as well as serious Government policies in terms of Gasohol E-10 implementation (10% substitution of gasoline with bioethanol).

Key words: cassava, bioethanol industries

PENDAHULUAN

Fluktuasi harga Bahan Bakar Minyak (BBM) di pasaran dunia lima tahun terakhir ini berdampak sangat nyata terhadap harga BBM di dalam negeri. Kenaikan drastis harga BBM yang mencapai 50–60\$ US per barel pada tahun 2005 membuat Pemerintah harus dua kali menaikkan harga BBM pada bulan Maret dan September dengan rata-rata kenaikan 29% dan 130% (Dartanto 2005). Kenaikan harga BBM berikutnya terjadi pada pertengahan tahun 2007 saat menembus level 100\$ US per barel dengan konsekuensi meningkatnya jumlah subsidi BBM yang harus ditanggung oleh pemerintah menjadi Rp 139 triliun. Namun harga BBM mengalami penurunan pada bulan Desember 2008, karena harga di pasaran dunia terpuruk menjadi 32\$ US per barel. Kondisi ini diyakini oleh para analis hanya bersifat sementara karena kedepannya harga BBM akan terus meningkat seiring dengan

¹⁾ Peneliti pasca panen Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Kotak Pos 66 Malang 65101, Telp. (0341) 801468, e-mail: blitkabi@telkom.net

perkembangan ekonomi global dan semakin menipisnya cadangan fosil bahan baku BBM.

Penggunaan sumber energi alternatif yang berasal dari hasil pertanian (Bahan Bakar Nabati = BBN) seperti biodiesel dan bioetanol untuk bahan bakar (biofuel) karenanya masih menjadi isu penting dan relevan serta perlu diprogramkan dan dikembangkan dengan serius oleh pemerintah. Selama satu dekade terakhir, produksi minyak mentah terus menurun rata-rata 5% dan diperkirakan cadangan BBM asal fosil yang tersisa hanya cukup sampai tahun 2018 (Kompas 2006). Dasar pengembangan biofuel di Indonesia sangat kuat dengan dikeluarkannya Peraturan Presiden No.5/2006 tentang kebijakan energi nasional, Instruksi Presiden No.1/2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan BBN sebagai alternatif bahan bakar, serta Keputusan Presiden No.10/2006 tentang tugas Tim Nasional pemanfaatan BBN untuk percepatan pengentasan kemiskinan dan pengurangan pengangguran (Nurianti 2008). Untuk substitusi 10% premium dengan bioetanol (Gasohol E-10), sebesar 8% ditetapkan berasal dari ubi kayu, sedang sisanya masing-masing 1% dari tetes dan sorgum (Ditjen Perkebunan 2005).

Sebagai bahan bakar, bioetanol dapat digunakan sebagai campuran (5–10%) BBM tanpa perlu memodifikasi mesin kendaraan. Bioetanol memiliki kelebihan dibanding BBM karena sumbernya terbarukan dan memiliki nilai oktan tinggi sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Tingkat emisi gas CO₂-nya menjadi 40–80% lebih rendah, sehingga lebih ramah lingkungan (Anonim 2004). Pembakaran bioetanol lebih sempurna dibanding premium karena nilai oktannya lebih tinggi (117) daripada pre-

mium (87–88) (Pranowo 2007). Sejak tahun 2007, Pertamina telah mulai memasarkan BioPremium E-3, BioPertamax E-3, dan BioPertamax E-5 yang masing-masing merupakan campuran 3–5% bioetanol dengan 97% premium dan 95% Pertamina di beberapa stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) di Malang dan Jakarta (Nurianti 2008). Kedepan, sesuai dengan peta jalan pengembangan biofuel, diperkirakan kebutuhan bioetanol sebagai campuran 5% premium mencapai 1,48 juta KL/tahun pada periode 2005–2010. Angka ini akan meningkat menjadi 2,78 juta KL pada periode 2011–2015 dan 6,28 juta KL pada periode 2016–2025 bila substitusi etanol terhadap premium ditingkatkan menjadi 10% dan 15% (Tjakrawan 2008). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bioetanol untuk substitusi BBM, maka kebutuhan ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol juga akan meningkat sehingga perlu didukung dengan peningkatan produksi ubi kayu dan efisiensi dalam pengolahannya.

UBI KAYU SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi alternatif untuk bahan bakar, terutama untuk kendaraan bermotor yang dihasilkan dari tanaman berpati, seperti biji-bijian (terutama jagung, sorgum, gandum) dan umbi-umbian (ubi kayu, ubi jalar, kentang) serta tanaman yang menghasilkan gula (tebu, nira, aren, nipah, sorgum manis, dan gula beet) dan bahan berselulosa (jerami, ampas tebu, tongkol jagung, serbuk gergaji) (Balat *et al.* 2008). Berdasarkan nilai konversinya menjadi etanol, jagung menun-

Tabel 1. Nilai konversi beberapa jenis bahan berpati dan bergula menjadi bioetanol.

Biomassa	Kandungan gula/pati (g/kg biomassa)	Biomassa:bioetanol (kg/liter)
Ubi kayu	240–300	6,5:1
Ubi jalar	150–200	8:1
Jagung	600–700	2,5:1
Sagu	120–160	12:1
Tetes	450–520	4:1
Tebu	110	15:1

Sumber: Wahono 2006.

jukkan tingkat efisiensi tertinggi, diikuti tetes tebu dan ubi kayu yang berturut-turut memerlukan 2,5 kg, 4 kg dan 6,5 kg bahan untuk menghasilkan 1 liter bioetanol (Tabel 1).

Namun apabila diperhitungkan produksi bioetanol per satuan luas dan waktu, tanaman yang paling berpotensi sebagai bahan baku industri bioetanol adalah tebu dengan produksi 3.000–8.500 l/ha/th, diikuti ubi kayu yang mampu memproduksi bioetanol sebanyak 2.000–7.000 l/ha/thn (Tabel 2). Di Indonesia, kebutuhan jagung untuk pangan dan pakan belum dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri sehingga setiap tahun masih harus diimpor dalam jumlah yang besar, yakni 1,3 juta ton pada tahun 2006 dan 600.000 ton pada tahun 2007 (Utama 2008). Sementara tanaman tebu masih dibutuhkan sebagai bahan baku industri gula yang produksinya juga belum dapat memenuhi keperluan dalam negeri. Sejauh ini, industri etanol yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan bahan baku tetes tebu (molases).

Menurut Supriyanto (2006), tanaman ubi kayu ditinjau dari aspek bahan baku, aspek teknologi, aspek lingkungan, serta aspek komersial lebih menjanjikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dibandingkan tetes tebu. Prihandana *et al.* (2007) memberi beberapa pertimbangan digunakannya ubi kayu sebagai bahan baku etanol: a) Ubi kayu sudah sejak lama dikenal dan dibudidayakan secara turun-menurun oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Diharapkan dengan berkembangnya industri bioetanol, harga ubi kayu akan meningkat sehingga pendapatan petani meningkat pula, b) ubi kayu telah tersebar di Indonesia di sentra-sentra produksi di 55 kabupaten dan 36 provinsi, tetapi produktivitasnya masih rendah. Dengan program pengembangan

BBN, akan terjadi peningkatan produktivitas dan penumbuhan agroindustri di pedesaan, c) berkembangnya industri bioetanol di pedesaan akan lebih menjamin stabilitas harga ubi kayu, d) penggunaan ubi kayu sebagai bahan baku akan lebih menjamin *security of supply* bahan bakar berbasis kemasyarakatan, e) ubi kayu merupakan tanaman yang mempunyai tingkat toleransi tinggi terhadap tanah dengan tingkat kesuburan rendah dan mampu memproduksi baik pada lahan sub-optimal. Menurut Suyamto dan Wargiono (2006), karakter biofisik (sumberdaya tanaman, fleksibilitas umur panen dan usaha tani, efisiensi energi dan penggunaan lahan dan air yang tinggi, dan sistem integrasinya dengan ternak) dan ketersediaan sumberdaya lahan serta aspek sosial ekonomi petani yang secara turun-temurun sudah mengenal budidaya ubikayu, sangat mendukung pengembangan ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol.

PROSES PENGOLAHAN UBI KAYU MENJADI BIOETANOL

Kandungan pati yang tinggi pada ubi kayu merupakan substrat yang baik untuk menghasilkan glukosa sebagai produk antara pada pembuatan etanol. Sebagai bahan baku, ubi kayu dapat digunakan dalam bentuk segar atau chips. Pada dasarnya proses pengolahan ubi kayu menjadi etanol meliputi gelatinisasi pati, diikuti hidrolisis pati secara enzimatis menjadi glukosa dengan menggunakan enzim α -amilase dan glucoamilase (likuifikasi dan sakarifikasi) yang selanjutnya difermentasi menjadi etanol dengan bantuan yeast atau bakteri (Kartika *et al.* 1992).

Oleh karena itu, rendemen etanol sangat dipengaruhi oleh jenis ubi kayu yang digunakan, terutama kandungan patinya dan kemudahannya

Tabel 2. Potensi produksi beberapa komoditas pertanian sebagai bahan baku bioetanol.

Komoditas	Hasil panen (t/ha/thn)	Konversi ke bioetanol (l/ton)	Produksi bioetanol (l/ha/thn)
Ubikayu	10–50	167	2.000–7.000
Ubi jalar	10–40	125	1.200–5.000
Jagung	1–6	417	400–2.500
Tebu	40–120	71	3.000–8.500
Sorgum manis	20–60	100	2.000–6.000

Sumber: Anonim, 1981 *dalam* Prihandana dan Hendroko 2007.

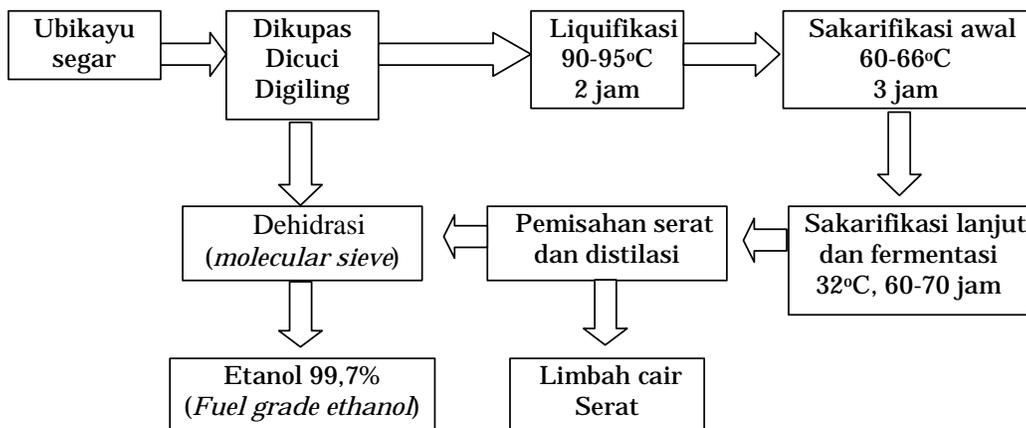
secara kimia dan biokimiawi untuk dihidrolisis oleh enzim dan difermentasi oleh *yeast*. Selain itu, proses pengolahan yang meliputi konsentrasi enzim dan yeast yang digunakan serta kondisi (suhu dan waktu) masing-masing tahapan likuifikasi, sakarifikasi dan fermentasi juga turut menentukan jumlah dan konsentrasi etanol yang dihasilkan.

Proses pengolahan ubi kayu menjadi etanol, diawali dengan pretreatment, yakni pengolahan ubi kayu segar menjadi bubur ubi kayu (cassava slurry) dengan kadar gula total (total sugar/TS) 15%. Proses ini meliputi pengupasan umbi, pencucian, dan pamarutan, kemudian dilanjutkan dengan pemberian air dan enzim α -amilase serta pemanasan (gelatinisasi dan likuifikasi). Likuifikasi adalah proses pemasakan bubur ubi kayu menjadi dekstrin dengan bantuan -amilase. Proses ini dapat dilakukan dengan sistem low temperature cooking yang dijalankan pada suhu 90 °C atau dengan sistem high pressure cooking process pada suhu 120 °C (Supriyanto dan Jama'ali 2005 dalam Supriyanto 2006). Setelah itu, diikuti dengan proses sakarifikasi untuk merubah dekstrin menjadi gula (glukosa) dengan bantuan enzim glukamilase. Gula yang terbentuk selanjutnya secara simultan difermentasi menjadi etanol dan CO₂ dengan bantuan khamir (*yeast*) jenis *Saccharomyces cerevisiae*, sesuai reaksi kimia di bawah ini, sehingga sering disebut dengan *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) (Gambar 1).

Fermentasi biasanya berlangsung selama 60–70 jam pada suhu kamar. Untuk menentukan efektivitas fermentasi digunakan tolok ukur ratio fermentasi (%), yakni perbandingan antara etanol yang diperoleh secara praktek (riil) dengan etanol yang diperoleh secara teoritis (berdasarkan kadar gula total awal) dikalikan 100%. Ratio fermentasi maksimum dapat mencapai 96%, namun dalam praktek, khususnya skala besar (8.000 liter etanol/hari) biasanya berkisar antara 86–88% (JICA 1983).

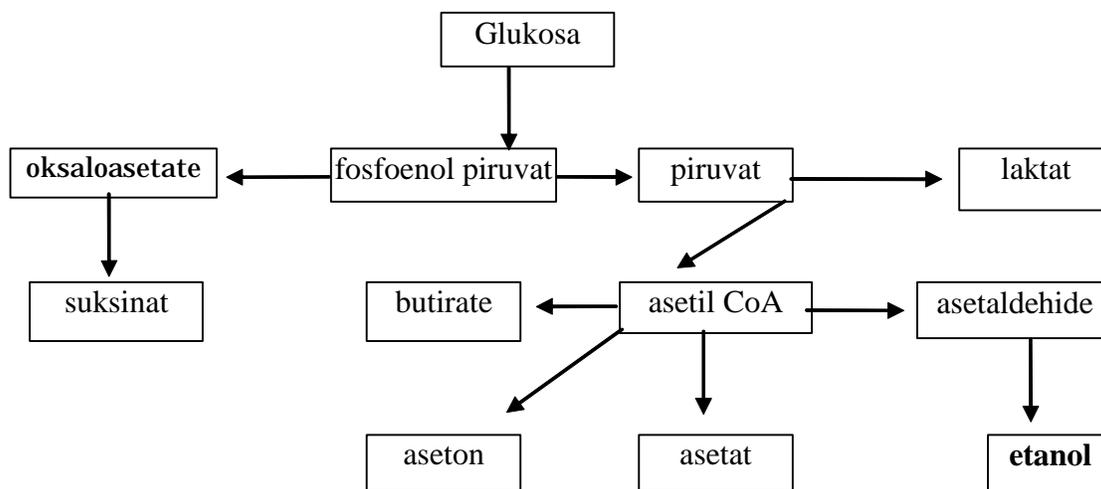
Pada proses fermentasi glukosa menjadi etanol kemungkinan terbentuknya senyawa-senyawa lain dapat saja terjadi. Senyawa-senyawa tersebut merupakan produk antara atau produk akhir bila kondisi media (pH, suhu, adanya kontaminasi dari mikrobia lain, terutama bakteri penghasil asam) kurang mendukung untuk berlangsungnya proses fermentasi etanol seperti tampak pada Gambar 2. Hal ini menyebabkan jumlah etanol yang dihasilkan menjadi lebih sedikit daripada yang diharapkan karena tidak semua glukosa yang tersedia dapat diubah menjadi etanol.

Etanol hasil fermentasi umumnya memiliki kadar air 8–10% v/v, sehingga perlu didistilasi untuk menguapkan airnya sehingga diperoleh etanol dengan kadar 95–96% v/v, yaitu kondisi di mana komponen etanol-air mencapai titik azeotrop. Proses distilasi yang banyak digunakan adalah multi pressure distillation yang lebih hemat energi dibandingkan proses distilasi



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan *fuel grade* bioetanol dari bahan baku ubikayu

Sumber: Prihandana dan Hendroko, 2007.



Gambar 2. Jalur biosintesis etanol dari glukosa.

Sumber: Gokarn *et al.*, 1997 dalam Broto dan Richana, 2006.

dengan tekanan atmosfer (Supriyanto 2006). Efisiensi distilasi ini biasanya sekitar 90–95%.

Untuk standar bahan bakar (*fuel grade*) diperlukan etanol anhydrous dengan kadar 99,5% v/v, sehingga etanol 96% harus didehidrasi untuk mendapatkan tingkat kemurnian yang tinggi tersebut. Proses dehidrasi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu distilasi azeotrop menggunakan solvent, molecular sieve dan membrane. Saat ini, proses dehidrasi yang banyak digunakan untuk membuat etanol anhydrous adalah dengan *molecular sieve* (Supriyanto 2005 dalam Supriyanto 2006). Efisiensi proses dehidrasi biasanya berkisar antara 80–90%. Selama ini, estimasi yang dipakai untuk konversi ubi kayu menjadi satu liter etanol 99,5% (*fuel grade*) adalah 6,5 kg ubi segar dengan asumsi kadar gula total (total sugar) 30%, ratio fermentasi dan ratio dehidrasi masing-masing 90% atau 6,1 kg untuk 1 liter etanol 96% (Supriyanto 2006).

VARIETAS/KLON UBI KAYU YANG SESUAI UNTUK BAHAN BAKU BIOETANOL

Ubi kayu yang memiliki potensi hasil dan kadar pati tinggi, dianggap paling sesuai untuk bahan baku bioetanol. Selain faktor varietas, kadar pati berkaitan erat dengan umur panen dan kadar air umbi. Umbi yang dipanen pada umur optimal memiliki kadar pati maksimal. Namun, bila

dipanen pada musim hujan, kadar patinya menjadi lebih rendah karena kadar airnya relatif tinggi. Sepuluh varietas/klon ubi kayu yang dipanen umur sembilan bulan pada musim kemarau menunjukkan kadar air yang cukup rendah dengan kisaran 48,95% sampai 67,36% (Tabel 3). Hal ini penting dipertimbangkan dalam hal memasok bahan baku ubi kayu karena fluktuasi kadar pati akan berpengaruh terhadap proses dan rendemen bioetanol yang dihasilkan.

Kadar pati biasanya direpresentasikan dengan kadar gula total yang merupakan jumlah gula yang secara alami terdapat pada umbi dan gula hasil hidrolisis pati. Oleh karena itu, varietas/klon ubi kayu yang kadar patinya tinggi, tidak selalu diikuti oleh kadar gula total yang tinggi (Tabel 3) karena dipengaruhi oleh kemudahan patinya untuk dihidrolisis menjadi gula. Proporsi amilosa dan amilopektin sebagai komponen penyusun pati turut menentukan kemudahannya untuk dihidrolisis menjadi gula. Sumber pati dengan kadar amilosa tinggi dianggap lebih baik karena memiliki partikel pati tidak larut air (amilopektin) lebih rendah sehingga lebih mudah dihidrolisis oleh asam maupun enzim (Broto dan Richana 2006). Di samping itu, semakin panjang rantai amilosa, semakin tinggi rendemen gula yang dihasilkan karena diduga enzim α -amilase lebih mudah memecah ikatan lurus 1,4 α -glukosida dibanding ikatan cabang 1,6 α -glikosidik pada amilopektin

(Richana *et al.* 2000). Hal ini diamati pada jagung berkadar amilosa tinggi yang hasil hidrolisis patinya lebih tinggi dibanding jagung jenis normal atau waxy yang amilopektinnya tinggi (Hoover dan Manuel 1996 *dalam* Broto dan Richana 2006). Menurut Richardson *et al.* (2000) *dalam* Broto dan Richana (2006), pati beramilopektin tinggi mempunyai rantai 1,4 α -glukosida lebih pendek dibanding pati beramilosa tinggi.

Tabel 3 menunjukkan, bahwa beberapa varietas/klon ubi kayu, di antaranya UJ-5, CMM 99008-3, MLG 0311, CMM 99023-4, dan OMM 9908-4 memiliki kadar amilosa cukup tinggi (27–31% basis kering), namun tidak semuanya memberi hasil kadar gula total yang tinggi. Hasil penelitian pada beras tanak dari beberapa genotipe juga melaporkan hasil yang tidak konsisten antara kadar amilosa dengan hasil hidrolisis pati. Namun pada penelitian *in vitro* pati gandum, ubi kayu dan smooth pea, dilaporkan kadar amilosa berbanding terbalik dengan kecepatan hidrolisis pati. Hal ini dapat berkaitan dengan faktor gelatinisasi pati yang memerlukan suhu lebih tinggi untuk pati berkadar amilosa tinggi (Eliasson dan Gudmundsson 1996). Diduga, pati dengan kadar amilosa tinggi lebih lambat dicerna/dihidrolisis oleh enzim karena belum sempurna tergelatinisasi pada saat pemasakan berkaitan dengan tingginya suhu gelatinisasi yang diperlukan. Seperti diketahui, pati yang telah mengalami gelatinisasi relatif lebih mudah dihidrolisis oleh

enzim maupun asam dibanding pati mentah (Björck 1996). Menurut Richana *et al.* (2000), pati ubi kayu mengalami gelatinisasi pada suhu 64,5 °C setelah dipanaskan selama 23 menit dan granulanya pecah pada suhu 84 °C dengan waktu 36 menit. Penelitian lebih lanjut hubungan kadar amilosa/amilopektin dengan gula hasil hidrolisis pati tampaknya masih diperlukan pada ubi kayu, terutama dalam kaitannya dengan bahan baku bioetanol.

Di samping faktor kimia, faktor fisik umbi juga harus diperhatikan karena akan menentukan mutu produk yang dihasilkan. Ubi kayu segar mudah sekali rusak (mengalami kepooyoan) setelah dipanen. Adanya luka saat pemanenan turut memacu kerusakan yang ditandai dengan terjadinya pewarnaan biru sampai kehitaman akibat rekasi pencoklatan enzimatis senyawa fenol yang kontak dengan udara (oksigen) (Cay 1987 *dalam* Wheatley 1989). Oleh karena itu, ubi kayu segar sebaiknya diolah tidak lebih dari 48 jam setelah panen dan dipisahkan dari umbi yang luka maupun busuk karena ubi kayu yang rusak kandungan patinya sudah berubah.

Berdasarkan kadar gula total awal, ratio fermentasi dan efisiensi distilasi, dapat dihitung nilai konversi umbi segar menjadi etanol 96% (kg/l). Hasil penelitian sepuluh varietas/klon ubi kayu menjadi etanol, menunjukkan kisaran nilai konversi antara 4,23 sampai 6,26 kg/l (Tabel 3).

Tabel 3. Kadar air, gula total, pati dan amilosa, angka konversi menjadi etanol dan hasil panen 10 varietas/klon ubikayu (Sulusuban, Lampung Tengah 2006).

Klon ubikayu ^a	Kadar air (%)	Kadar gula total (% bb)	Kadar pati (% bk)	Kadar amilosa (% bk)	Konversi ubi segar kupas menjadi etanol (kg/liter) ^b	Hasil panen (ton/ha)
CMM 99023-12	67,36	31,92	78,85	24,72	5,70	31,3
CMM 9906-12	61,21	33,70	80,41	25,59	4,70	24,8
CMM 9908-4	54,18	42,38	80,48	26,99	4,52	17,0
CMM 99023-4	61,99	36,59	80,41	27,11	5,08	31,7
CMM 99008-3	48,95	45,28	82,13	29,96	4,23	25,3
Adira-4	58,85	40,93	80,31	25,83	6,48	22,3
Malang-6	55,94	39,12	80,46	26,58	5,01	15,6
MLG 0311	53,77	41,29	80,93	27,16	4,29	27,0
UJ-3	57,35	36,22	79,57	25,66	4,93	25,0
UJ-5	53,97	43,47	80,24	31,05	4,52	30,0

^a Dipanen umur 9 bulan pada saat musim kemarau (Desember 2005–September 2006); ^b Etanol dengan kadar 96% (efisiensi distilasi dianggap 95%); bb = basis basah; bk = basis kering;

Sumber: Ginting *et al.* 2006.

Semakin kecil nilai konversi ini semakin dikehendaki karena berarti semakin sedikit jumlah/berat umbi segar yang diperlukan untuk menghasilkan satu liter etanol. Klon CMM 99008-3, MLG 0311, OMM 9908-4, dan UJ-5 mempunyai nilai konversi $\leq 4,5$ kg/l (Tabel 4). Sementara enam klon lainnya berkisar antara 4,5–6 kg. Angka ini masih di bawah angka konversi yang selama ini digunakan untuk ubi kayu, yakni 6,1 kg umbi segar menjadi 1 liter etanol 96% (Supriyanto 2006).

Selain nilai konversi di atas, produktivitas masing-masing varietas/klon juga perlu untuk dipertimbangkan dalam rangka pengembangan ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol. Pada penelitian sepuluh varietas/klon ubi kayu yang dilakukan di Sulusuban, Lampung Tengah, hasil panen yang diperoleh berkisar antara 15,6–31,7 t/ha (Tabel 3). Dari empat klon yang nilai konversinya kecil di atas, klon OMM 9908-4 dan UJ-5 memiliki potensi hasil yang cukup baik, yakni 30–31 t/ha, sedang klon CMM 99008-3 dan MLG 0311 sedikit di bawahnya, yakni masing-masing 22,3 dan 27,0 t/ha. UJ 3 dan UJ 5 merupakan varietas unggul ubi kayu yang telah umum dibudidayakan petani di Lampung dan adaptif dengan kondisi lingkungan di daerah tersebut. Sementara beberapa klon harapan ubi kayu tersebut saat ini masih dalam tahap uji multi lokasi untuk memenuhi syarat dari aspek adaptasi dan stabilitas hasilnya. Dengan pengelolaan budidaya yang optimal, potensi hasil tinggi (>35 ton/ha) dari masing-masing varietas unggul dan klon harapan tersebut diharapkan dapat maksimal. Oleh karena itu, pengembangan ubi kayu untuk bahan baku etanol dapat dilakukan mulai tahap awal, yaitu pemilihan jenis/klon ubi kayu yang potensi hasil

dan nilai konversinya menjadi etanol cukup tinggi, lalu dilanjutkan dengan uji adaptasi/kesesuaiannya di daerah pengembangan ubi kayu yang berbeda. Tahap berikutnya adalah penyediaan bibit varietas ubi kayu terpilih tersebut sesuai dengan luas skala pengembangan. Penerapan teknik budidaya yang tepat juga penting dilakukan, termasuk pengaturan waktu tanam dan panen untuk menjamin kelangsungan pasokan bahan baku ubi kayu. Hal ini harus disesuaikan dengan umur panen optimal masing-masing varietas ubi kayu, kondisi iklim, lingkungan dan pola tanam di masing-masing daerah pengembangan ubi kayu.

PENGEMBANGAN INDUSTRI BIOETANOL BERBAHAN BAKU UBI KAYU

Pemerintah merencanakan untuk memproduksi Gasohol E-10 (campuran 90% premium dan 10% bioetanol) sebagai alternatif pengganti BBM dan ditetapkan 8% pemenuhan kebutuhan bioetanol tersebut berasal dari ubi kayu sedang sisanya masing-masing 1% berasal dari sorgum dan tetes tebu (Ditjen Perkebunan 2005). Kebutuhan premium diperkirakan akan terus meningkat dari sekitar 18 juta Kl pada tahun 2007 hingga 22,5 juta Kl pada tahun 2010 dengan konsekuensi kebutuhan bioetanol juga meningkat. Untuk tahun 2010 dengan tingkat substitusi bioetanol 10% terhadap premium, diperlukan tambahan produksi ubi kayu sebesar 11,7 juta ton dari luas areal sekitar 491 ribu hektar (Tabel 4). Hal ini penting direncanakan dengan baik, termasuk pengaturan wilayah penanaman ubi kayu agar tidak menyulitkan industri pati dan tepung yang telah lebih dahulu berkembang karena persaingan bahan baku.

Tabel 4. Rencana aksi pengembangan bioetanol dari bahan baku ubikayu

Kegiatan	2007	2008	2009	2010
Kebutuhan premium (juta Kl)	18,37	19,66	21,00	22,51
Substitusi Gasohol (ribu Kl)	735	1.376	2.100	2.251
Pemenuhan ubikayu 8% (ribu Kl)	588	1.100	1.680	1.800
Umbi segar (ribu ton)	3.822	7.150	10.920	11.700
Areal tanam (ribu ha)	160	300	459	491

Keterangan: Substitusi bioetanol untuk BBM pada tahun 2007, 2008, 2009, dan 2010 masing-masing 4%, 7%, 10%, dan 10%.
Sumber: Ditjen Perkebunan, 2005.

Tabel 5. Sasaran areal tanam pengembangan ubikayu (ha) untuk bioetanol tahun 2006-2009.

No	Propinsi	2006	2007	2008	2009
1	Sumatera Utara	–	11.000	28.000	49.000
2	Sumatera Selatan	–	11.000	30.000	54.000
3	Lampung	11.000	26.500	38.500	51.640
4	Jawa Barat	5.500	26.500	38.500	49.000
5	Jawa Tengah	5.500	21.000	33.000	38.000
6	DI Yogyakarta	5.500	5.500	5.500	11.000
7	Jawa Timur	11.000	26.500	38.500	49.000
8	NTT	–	11.000	30.000	54.000
9	Sulawesi Selatan	–	11.000	30.000	49.000
10	Sulawesi Tenggara	–	11.000	28.300	54.000
Jumlah		38.500	161.000	300.300	458.640

Sumber: Direktorat Budidaya Kabi (2006).

Peningkatan produksi ubi kayu ini diupayakan melalui program perbaikan mutu intensifikasi (PMI) oleh petani ubi kayu dan program perluasan areal tanam (PAT) oleh pihak industri bioetanol dalam bentuk kebun energi penyangga yang luasnya setara dengan 25% kebutuhan bahan baku industri. Perluasan areal tanam dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan tidur dan lahan sawah tadah hujan di provinsi-provinsi yang dipilih sebagai daerah pengembangan (Wargiono *et al.* 2006).

Direktorat Budidaya Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Ditjen Tanaman Pangan secara bertahap memproyeksikan perluasan areal tanam pengembangan ubi kayu untuk bioetanol dari seluas 38.500 ha pada tahun 2006 hingga mencapai 458.640 ha pada tahun 2009 (Tabel 5). Dengan program PMI, diharapkan produktivitas ubi kayu dapat mencapai 25 t/ha, sehingga sasaran produksi sebesar 10,92 juta ton pada tahun 2009 dapat dipenuhi.

Pengembangan ubi kayu sebagai bahan baku industri bioetanol perlu mendapat dukungan dari pihak-pihak terkait, seperti Lembaga Penelitian, Perguruan tinggi, Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, BUMN, serta pengusaha/industri swasta. Beberapa perusahaan telah merencanakan mendirikan pabrik bioetanol berbahan baku ubi kayu, diantaranya PT Medco Energi, Sorini, Sampurna Agro dan PT Molindo masing-masing dengan kapasitas produksi 60.000 Kl, 60.000 Kl, 75.000 Kl dan 300.000 Kl/tahun. Hingga tahun 2008, beberapa perusahaan juga telah melakukan

perluasan tanam ubi kayu melalui program kemitraan dengan petani, antara lain: PT. Great Giant Pineapple (GGP, Lampung) seluas 35.000 ha, PT Sungai Budi Group Lampung (10.335 ha), PT Medco Lampung (13.200 ha), PT Gunung Sewu Lampung (15.000 ha), PT Mitra Sae International (6.500 ha) dan lain-lain (Deptan 2008).

Di samping industri skala besar di atas, pengembangan ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol juga dapat dilakukan pada skala industri kecil di tingkat perdesaan. Menurut Purnomo (2008), skala usaha produksi bioetanol tergolong kecil bila kapasitas produksinya berkisar antara 500 sampai 4.000 liter/hari dan tergolong mikro bila kapasitasnya <70 sampai 400 liter/hari. Usaha ini dapat menggunakan peralatan sederhana, seperti drum atau tangki untuk proses hidrolisis pati menjadi gula (likuifikasi dan sakarifikasi), tangki fermentor plastik untuk proses fermentasi dan tangki/drum untuk distilator. Bioetanol yang dihasilkan biasanya berkadar 95%, namun untuk menghasilkan bioetanol 99,5% dapat dilakukan dengan menambah alat dehidrator. Biaya investasi peralatan yang diperlukan untuk skala usaha 200–500 liter bioetanol/hari sekitar Rp 150.000.000 tanpa dehidrator dan Rp 230.000.000 dengan dehidrator (Purnomo, 2008). Sementara untuk skala 70 liter/hari relatif lebih kecil, yakni sekitar Rp 26.850.000 (Tabel 6). Namun, biaya ini dapat diminimalkan lagi bila digunakan bahan-bahan yang lebih murah untuk peralatan tersebut.

Tabel 6. Biaya investasi peralatan untuk produksi bioetanol skala 70 liter/hari

No	Uraian	Volume	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Parutan Ubi Kayu (200 kg/jam)	1	1.000.000	1.000.000
2	Receiver (Plastik)	1	50.000	50.000
3	Pompa, Cooking + Agitator	2	1.000.000	2.000.000
4	Tungku + Kompor Jos Minyak Tanah	2	300.000	600.000
5	Sakarifator	1	500.000	500.000
6	Heat Exchanger 1pass	1	5.000.000	5.000.000
7	Pompa Medium (Centrifugal)	1	750.000	750.000
8	Fermentor (Plastik)	4	750.000	3.000.000
9	Fermentor Pump	1	350.000	350.000
10	Broth Tank (Plastik)	1	750.000	750.000
11	Feed Pump	1	350.000	350.000
12	Evaporator	1	200.000	200.000
13	Tungku + Kompor	1	300.000	300.000
14	Distilator	1	10.000.000	10.000.000
15	Tangki Produk (Plastik)	5	100.000	500.000
16	Alat Ukur (alkohol meter, kadar gula)	1	1.000.000	1.000.000
17	Lain-lain	-	500.000	500.000
Total Biaya Investasi		-	-	26.850.000

Sumber: Purnomo 2008.

Biaya produksi bioetanol berkisar antara Rp 3.400 sampai Rp 4.000/liter dengan harga jual Rp 5.500/liter. Bahkan Soekaeni, seorang produsen skala rumahan (30 liter/hari) asal Sukabumi dapat menjual bioetanol dengan harga Rp 10.000/liter kepada pengecer premium dan pengepul industri kimia (Pranowo 2007). Saat ini, produsen bioetanol skala rumahan seperti Soekaeni telah banyak bermunculan dan tersebar di beberapa daerah karena proses produksinya relatif mudah dan pasar terbuka luas. Selain untuk bahan bakar, bioetanol juga digunakan dalam industri kimia dan farmasi. Oleh karena itu, usaha industri bioetanol secara teknis dan ekonomis berpeluang untuk dikembangkan di daerah pedesaan, terutama sentra produksi ubi kayu untuk meningkatkan pendapatan masyarakat sekaligus membuka lapangan kerja baru.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Upaya pemanfaatan bahan nabati sebagai alternatif sumber energi terbarukan (bioetanol dan biodisel) perlu dilakukan secara serius oleh Pemerintah mengingat besarnya kebutuhan dan subsidi BBM, melonjaknya harga BBM di pasaran dunia dan menipisnya cadangan BBM asal fosil yang diperkirakan akan habis pada

tahun 2018.

2. Ditinjau dari aspek bahan baku, aspek teknologi, aspek lingkungan, dan aspek komersial, ubi kayu lebih menjanjikan sebagai bahan baku industri bioetanol dibanding komoditas lain Berdasarkan kadar gula total, pati dan ratio fermentasinya, beberapa varietas/klon harapan ubi kayu, di antaranya CMM 99008-3, MLG 0311, OMM 9908-4 dan UJ-5 sesuai untuk bahan baku industri bioetanol dengan nilai konversi 4–4,5 kg umbi kupas segar/liter etanol 96%.
3. Program pengembangan industri bioetanol berbahan baku ubi kayu perlu dukungan semua stake holder yang terkait, termasuk pengusaha/industri. Pewilayahan, intensifikasi dan perluasan areal tanam untuk peningkatan produksi, pengaturan waktu tanam dan panen, proses pengolahan yang tepat serta dukungan kebijakan yang serius dari Pemerintah diharapkan dapat mewujudkan rencana realisasi substitusi 10% premium dengan bioetanol (Gasoho-E10). Selain industri skala besar, pengembangan bioetanol juga dapat digalakkan melalui usaha skala kecil/mikro di tingkat pedesaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. Bioethanol- a source of renewable energy. www.vogelbush.com/technology/bioethanol.htm (accessed on July 6, 2005).
- Balat, M., H. Balat, and C. Öz. 2008. Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Sci.* 34:551–573.
- Björck, I. 1996. Starch: Nutritional aspects. p. 505–553. In A.C. Eliasson (ed). *Carbohydrates in Food*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Broto, W. dan N. Richana. 2006. Inovasi teknologi proses industri bioetanol dari ubi kayu skala pedesaan. hlm. 60–73. *Dalam* D. Harnowo, Subandi, dan N. Saleh (ed). *Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi Kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Dartanto, T. 2005. BBM, kebijakan energi, subsidi, dan kemiskinan di Indonesia. *Inovasi Online*. Vol.5/XVII/ November 2005 (diakses 5 Januari 2006).
- Deptan. 2008. Pemanfaatan lahan untuk penanaman singkong penghasil bioethanol. Makalah disampaikan pada Workshop Bisnis Bioethanol Singkong di Bogor, 29 April 2008. 18 hlm.
- Ditjen Perkebunan. 2005. Laporan Kemajuan Program Energi Alternatif: Penyediaan Bahan Baku Biofuel. Direktorat Jenderal Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta. 7 hlm.
- Direktorat Budidaya Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2006. Program dan kebijakan pengembangan ubi kayu dalam mendukung industri olahan dengan bahan baku ubi kayu. Makalah disampaikan pada Temu Koordinasi Pengembangan Produk Baru Pertanian di Bandar Lampung, 21–23 Februari 2006. 8 hlm.
- Eliasson, A.C. and M. Gudmundsson. 1996. Starch: Physicochemical and functional aspects. p. 431–504. In A.C. Eliasson (ed). *Carbohydrates in Food*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Ginting, E., K.Hartojo, N. Saleh, Y. Widodo dan Suprpto. 2006. Identifikasi kesesuaian klon-klon ubi kayu untuk bahan baku pembuatan bioetanol. Laporan Teknis Penelitian APBN Tahun 2006 No. E.3/APBN/2006. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. 20 hlm.
- JICA. 1983. Technical information for 8 Kl/day ethanol production from cassava at the BERDC (Biomass Energy Research and Development Centre) in Indonesia. JICA (Japan International Cooperation Agency). 259 pp.
- Kartika, B., A.D. Guritno, D. Purwadi dan D. Ismoyowati. 1992. Petunjuk evaluasi produk industri hasil pertanian. PAU Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta.
- Kompas. 2006. Molindo butuh 500.000 ton singkong untuk 'biofuel'. Kompas, 23 Desember 2006.
- Nurianti, Y. 2008. Potensi pemakain ethanol di Indonesia. Makalah disampaikan pada Workshop Bisnis Bioethanol Singkong di Bogor, 29 April 2008. PT Pertamina (Persero). Jakarta.
- Pranowo. 2007. Soekaeni sukses mengembangkan agroindustri bioetanol di Sukabumi. <http://www.pusatagroindustri.com/2007/11/23/soekaeni-suksesmen...> (diakses 16 Januari 2008).
- Prihandana, R. dan R. Hendroko. 2007. *Energi Hijau*. Penebar Swadaya. Jakarta. 248 hlm.
- Prihandana, R., K. Noerwijati, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta. 194 hlm.
- Purnomo, B. 2008. Bioetanol singkong skala kecil. Makalah disampaikan pada Workshop Bisnis Bioethanol Singkong di Bogor, 29 April 2008. PT Kreatif Energi Indonesia. Jakarta. 45 hlm.
- Richana, N., P. Lestari, N. Chilmijati dan S. Widowati. 2000. Karakterisasi bahan berpati (tapioka, garut dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. hlm. 396–406. *Dalam* L. Nuraida, R. Dewanti, Hariyadi dan S. Budijanto (ed). *Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan Volume I*. Surabaya, 10–11 Oktober 2000. PATPI.
- Supriyanto. 2006. Prospek pengembangan industri bioetanol dari ubi kayu. hlm. 88–95 *Dalam* D. Harnowo, Subandi dan N. Saleh (ed). *Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Suyamto, H dan J. Wargiono. 2006. Potensi, hambatan, dan peluang pengembangan ubi kayu untuk industri bioetanol. hlm. 39–59. *Dalam* D. Harnowo, Subandi dan N. Saleh (ed). *Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Tjakrawan, P. 2008. Peluang dan tantangan pengembangan bisnis bioethanol di Indonesia. Makalah disampaikan pada Workshop Bisnis Bioethanol Singkong di Bogor, 29 April 2008. Asosiasi Produsen Bioethanol Indonesia.
- Wahono, S. 2006. Kajian komprehensif dan teknologi pengembangan bioethanol sebagai bahan bakar nabati. Makalah disampaikan pada Seminar Bioenergi: Prospek Bisnis dan Peluang Investasi di Jakarta.
- Utama, S. 2008. Manfaat mengadopsi jagung transgenik. www.agrina-online.com/shw-article.php?rid=10&aid=1633 (diakses 16 Januari 2008).
- Wargiono, J., A. Hasanuddin dan Suyamto. 2006. Teknologi produksi ubi kayu mendukung industri bioethanol. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. 42 hlm.
- Wheatley, C. 1989. Conservation of cassava roots in polythene bags. CIAT. Cali, Colombia.