

TEKNOLOGI PROSES PRODUKSI BIO-ETHANOL

Indyah Nurdyastuti

ABSTRACT

Gasoline is an important liquid fuel for transportation. Due to high domestic demand of gasoline, the Government of Indonesia plans to reduce the utilization of gasoline through energy diversification. For substitution of gasoline, there are several kinds of energy alternatives such as Compressed Natural Gas (CNG), gasoline derived from Coal liquefaction, and alcohol.

Alcohol is a material produced from starch plants such as cassava, sweet potato, corn, and sago, called by bio-ethanol. These plants are commonly planted by people in all areas of Indonesia. Bio-ethanol development for vehicle fuel will reduce dependency on refined products that their price is currently increasing, and will support the economic of people in rural areas.

This paper will present the production process of bio-ethanol from starch or molasses.

1. PENDAHULUAN

Alkohol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sago biasanya disebut dengan bio-ethanol. Ubi kayu, ubi jalar, dan jagung merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan bio-ethanol atau gasohol. Namun dari semua jenis tanaman tersebut, ubi kayu merupakan tanaman yang setiap hektarnya paling tinggi dapat memproduksi ethanol. Selain itu pertimbangan pemakaian ubi kayu sebagai bahan baku proses produksi bio-ethanol juga didasarkan pada pertimbangan ekonomi. Pertimbangan keekonomian pengadaan bahan baku tersebut bukan saja meliputi harga produksi tanaman sebagai bahan baku, tetapi juga meliputi biaya pengelolaan tanaman, biaya produksi pengadaan bahan baku, dan biaya bahan baku untuk memproduksi setiap liter ethanol/bio-ethanol.

Secara umum ethanol/bio-ethanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan.

Mengingat pemanfaatan ethanol/bio-ethanol beraneka ragam, sehingga grade ethanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk ethanol/bio-ethanol yang mempunyai *grade* 90-96,5% vol dapat digunakan pada industri, sedangkan ethanol/bio-ethanol yang mempunyai *grade* 96-99,5% vol dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Berbeda dengan besarnya *grade* ethanol/bio-ethanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan yang harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga ethanol/bio-ethanol harus mempunyai *grade* sebesar 99,5-100% vol. Perbedaan besarnya *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air.

Mengacu dari penjelasan tersebut, disusunlah makalah yang berjudul "Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol"

2. PROSES PRODUKSI BIO-ETHANOL

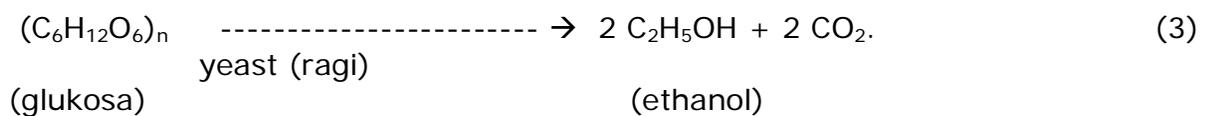
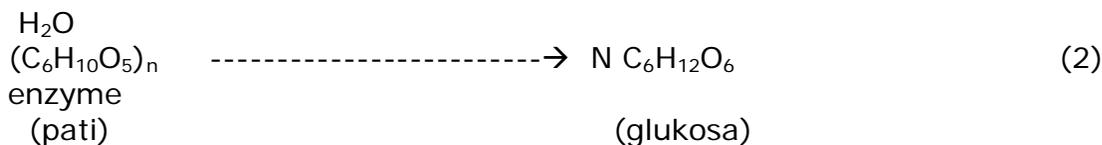
Produksi ethanol/bio-ethanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut

air. Konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat dan tetes menjadi bio-ethanol ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konversi Bahan Baku Tanaman Yang Mengandung Pati Atau Karbohidrat Dan Tetes Menjadi Bio-Ethanol

Bahan Baku		Kandungan Gula Dalam Bahan Baku	Jumlah Hasil Konversi	Perbandingan Bahan Baku dan Bioetanol
Jenis	Konsumsi (Kg)	(Kg)	Bio-etanol (Liter)	
Ubi Kayu	1000	250-300	166.6	6,5:1
Ubi Jalar	1000	150-200	125	8:1
Jagung	1000	600-700	200	5:1
Sagu	1000	120-160	90	12:1
Tetes	1000	500	250	4:1

Glukosa dapat dibuat dari pati-patian, proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu Hydrolisa asam dan Hydrolisa enzyme. Berdasarkan kedua jenis hydrolisa tersebut, saat ini hydrolisa enzyme lebih banyak dikembangkan, sedangkan hydrolisa asam (misalnya dengan asam sulfat) kurang dapat berkembang, sehingga proses pembuatan glukosa dari pati-patian sekarang ini dipergunakan dengan hydrolisa enzyme. Dalam proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzyme; kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi ethanol dengan menambahkan yeast atau ragi. Reaksi yang terjadi pada proses produksi ethanol/bio-ethanol secara sederhana ditunjukkan pada reaksi 1 dan 2.



Selain ethanol/bio-ethanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa, namun dengan adanya lignin mengakibatkan proses penggulaannya menjadi lebih sulit, sehingga pembuatan ethanol/bio-ethanol dari selulosa tidak perlu direkomendasikan. Meskipun teknik produksi ethanol/bio-ethanol merupakan teknik yang sudah lama diketahui, namun ethanol/bio-ethanol untuk bahan bakar kendaraan memerlukan ethanol dengan karakteristik tertentu yang memerlukan teknologi yang relatif baru di Indonesia antara lain mengenai neraca energi (*energy balance*) dan efisiensi produksi, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai teknologi proses produksi ethanol masih perlu dilakukan. Secara singkat teknologi proses produksi ethanol/bio-ethanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu gelatinasi, sakharifikasi, dan fermentasi.

2.1 Proses Gelatinasi

Dalam proses gelatinasi, bahan baku ubi kayu, ubi jalar, atau jagung dihancurkan dan dicampur air sehingga menjadi bubur, yang diperkirakan mengandung pati 27-30 persen. Kemudian bubur pati tersebut dimasak atau dipanaskan selama 2 jam sehingga berbentuk gel. Proses gelatinasi tersebut dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

- Bubur pati dipanaskan sampai 130°C selama 30 menit, kemudian didinginkan sampai mencapai temperature 95°C yang diperkirakan memerlukan waktu sekitar ¼ jam. Temperatur 95°C tersebut dipertahankan selama sekitar 1 ¼ jam, sehingga total waktu yang dibutuhkan mencapai 2 jam.
- Bubur pati ditambah enzyme termamyl dipanaskan langsung sampai mencapai temperatur 130°C selama 2 jam.

Gelatinasi cara pertama, yaitu cara pemanasan bertahap mempunyai keuntungan, yaitu pada suhu 95°C aktifitas termamyl merupakan yang paling tinggi, sehingga mengakibatkan *yeast* atau ragi cepat aktif. Pemanasan dengan suhu tinggi (130°C) pada cara pertama ini dimaksudkan untuk memecah granula pati, sehingga lebih mudah terjadi kontak dengan air enzyme. Perlakuan pada suhu tinggi tersebut juga dapat berfungsi untuk sterilisasi bahan, sehingga bahan tersebut tidak mudah terkontaminasi.

Gelatinasi cara kedua, yaitu cara pemanasan langsung (gelatinasi dengan enzyme termamyl) pada temperature 130°C menghasilkan hasil yang kurang baik, karena mengurangi aktifitas *yeast*. Hal tersebut disebabkan gelatinasi dengan enzyme pada suhu 130°C akan terbentuk tri-phenyl-furane yang mempunyai sifat racun terhadap *yeast*. Gelatinasi pada suhu tinggi tersebut juga akan berpengaruh terhadap penurunan aktifitas termamyl, karena aktifitas termamyl akan semakin menurun setelah melewati suhu 95°C. Selain itu, tingginya temperature tersebut juga akan mengakibatkan *half life* dari termamyl semakin pendek, sebagai contoh pada temperature 93°C, *half life* dari termamyl adalah 1500 menit, sedangkan pada temperature 107°C, *half life* termamyl tersebut adalah 40 menit (Wasito, 1981).

Hasil gelatinasi dari ke dua cara tersebut didinginkan sampai mencapai 55° C, kemudian ditambah SAN untuk proses sakharifikasi dan selanjutnya difermentasikan dengan menggunakan *yeast* (ragi) *Saccharomyzes ceraviseze*.

2.2 Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi ethanol/bio-ethanol (alkohol) dengan menggunakan yeast. Alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini, biasanya alkohol dengan kadar 8 sampai 10 persen volume. Sementara itu, bila fermentasi tersebut digunakan bahan baku gula (molases), proses pembuatan ethanol dapat lebih cepat. Pembuatan ethanol dari molases tersebut juga mempunyai keuntungan lain, yaitu memerlukan bak fermentasi yang lebih kecil. Ethanol yang dihasilkan proses fermentasi tersebut perlu ditingkatkan kualitasnya dengan membersihkannya dari zat-zat yang tidak diperlukan.

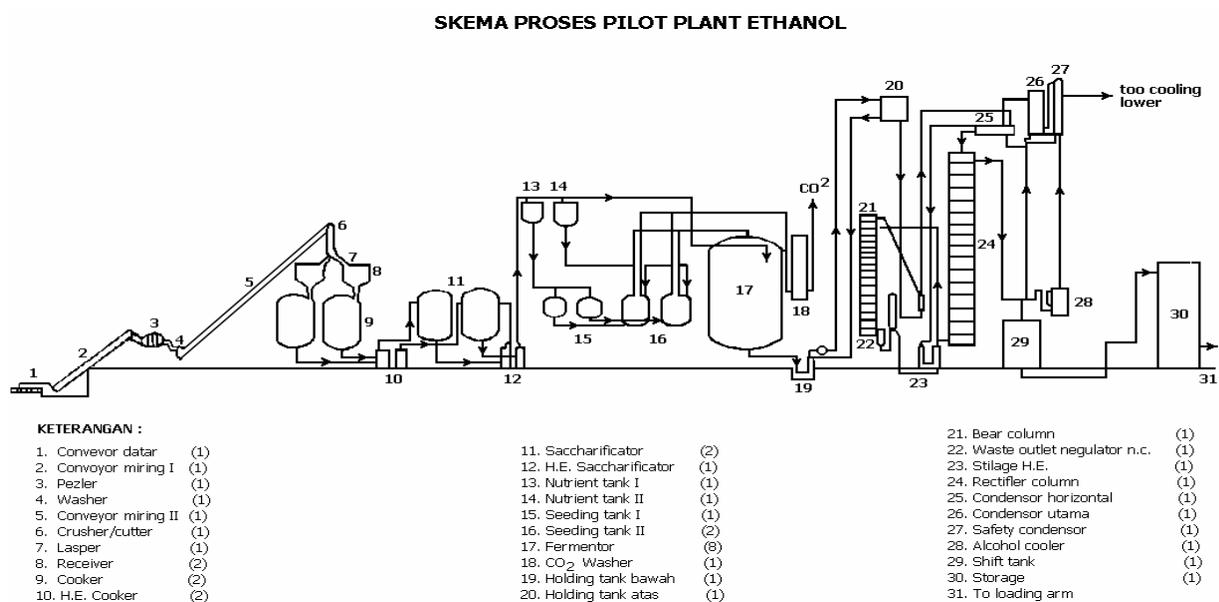
Alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya masih mengandung gas-gas antara lain CO₂ (yang ditimbulkan dari perubahan glucose menjadi ethanol/bio-ethanol) dan aldehyde yang perlu dibersihkan. Gas CO₂ pada hasil fermentasi tersebut biasanya mencapai 35 persen volume, sehingga untuk memperoleh ethanol/bio-ethanol yang berkualitas baik, ethanol/bio-ethanol tersebut harus dibersihkan dari gas tersebut. Proses pembersihan (*washing*) CO₂ dilakukan dengan menyaring ethanol/bio-ethanol yang terikat oleh CO₂, sehingga dapat diperoleh ethanol/bio-ethanol yang bersih dari gas CO₂. Kadar ethanol/bio-ethanol yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya mencapai 8 sampai 10 persen saja, sehingga untuk memperoleh ethanol yang berkadar alkohol 95 persen diperlukan proses lainnya, yaitu proses distilasi. Proses distilasi dilaksanakan melalui dua tingkat, yaitu tingkat pertama dengan *beer column* dan tingkat kedua dengan *rectifying column*.

Definisi kadar alkohol atau ethanol/bio-ethanol dalam % (persen) volume adalah "volume ethanol pada temperatur 15°C yang terkandung dalam 100 satuan volume larutan ethanol pada temperatur tertentu (pengukuran)." Berdasarkan BKS Alkohol Spiritus, standar temperatur pengukuran adalah 27,5° C dan kadarnya 95,5% pada temperatur 27,5 ° C atau 96,2% pada temperatur 15° C (Wasito, 1981).

Pada umumnya hasil fermentasi adalah bio-ethanol atau alkohol yang mempunyai kemurnian sekitar 30 – 40% dan belum dapat dikategorikan sebagai fuel based ethanol. Agar dapat mencapai kemurnian diatas 95% , maka alkohol hasil fermentasi harus melalui proses destilasi.

2.3. Distilasi :

Sebagaimana disebutkan diatas, untuk memurnikan bioetanol menjadi berkadar lebih dari 95% agar dapat dipergunakan sebagai bahan bakar, alkohol hasil fermentasi yang mempunyai kemurnian sekitar 40% tadi harus melewati proses destilasi untuk memisahkan alkohol dengan air dengan memperhitungkan perbedaan titik didih kedua bahan tersebut yang kemudian diembunkan kembali.



Gambar 1. Skema Proses Pilot Plant Ethanol

Gambar diatas menunjukkan suatu proses lengkap dari pembuatan etanol yang dari bahan pati-patian dimulai dari konveyor, gelatinisasi, fermentasi, destilasi sampai ke penyimpanan.

Untuk memperoleh bio-ethanol dengan kemurnian lebih tinggi dari 99,5% atau yang umum disebut fuel based ethanol, masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terikat dalam struktur kimia alkohol dengan cara destilasi biasa, oleh karena itu untuk mendapatkan fuel grade ethanol dilaksanakan pemurnian lebih lanjut dengan cara Azeotropic destilasi.

2.3 Biaya Produksi per Liter Bioetanol Berbahan Baku Ubi Kayu

Biaya produksi meliputi biaya investasi yang dihitung biaya bunga dan pengembalian investasi, biaya operasi dan perawatan serta biaya bahan. Biaya investasi fasilitas produksi bio-ethanol ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Investasi Fasilitas Produksi Bio-Ethanol

No	Jenis Peralatan	Harga (US\$)
1	Peralatan Utama	5.580.000
2	Peralatan Pengumpanan	400.000
3	Unit Pengolah Limbah	690.000
4	Tanah (min 30 Ha)	60.000
5	Power Plant	450.000
6	Bangunan Pabrik dan Kantor	200.000
	T o t a l	7.380.000
	1\$ = Rp. 9000	Rp. 66.420.000.000

Sumber: B2TP, BPPT

Dengan kapasitas produksi yang sebesar 8000 lityer per hari, dan pabrik bekerja selama 320 hari dalam 1 tahun, umur hidup alat 15 tahun, biaya operasi – perawatan sebesar 1.5% (tidak termasuk bahan baku dan utilitas) dan bunga bank 10 %, maka metoda perhitungan double decline diperoleh biaya investasi dan pengembalian sebesar Rp. 972 per liter bio-ethanol.

Tabel 1 menunjukkan bahwa untuk mengkonversi ubi kayu menjadi 1 liter bio-ethanol dibutuhkan sekitar 6,5 kg ubi kayu, sehingga apabila harga ubi kayu sebesar Rp 180 per kg (B2TP, 2005) akan dibutuhkan biaya ubi kayu sebesar Rp 1.384,5. Selain ubi kayu, pada konversi bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohydrat menjadi bio-ethonal dibutuhkan bahan pembantu proses pembuatan glukosa dan bahan pembantu proses peragian atau fermentasi gula menjadi ethanol yang jenis, konsumsi, dan biayanya ditunjukkan pada Tabel 3. Total biaya pemakaian bahan baku, bahan pembantu dan utilitas yang ditunjukkan pada Tabel 3, ditambah dengan biaya investasi serta operasi-perawatan adalah merupakan merupakan biaya produksi per liter bio-ethanol.

Tabel 3. Biaya Bahan Per Liter Bio-Ethanol

Jenis Bahan/Utilitas	Konsumsi Bahan/Utilitas per liter Bioetanol	Harga Satuan (Rp/unit)	Biaya Pemakaian Bahan/Utilitas (Rp)
Bahan Baku: Ubi Kayu Kg	6,5	180	1.170
Bahan Pembantu	(x10 ⁻³)	x10 ³)	
- Alpha Amylase, Kg	0,8	45	36
- Gluko Amylase, Kg	1,3	60	78
- Asam Sulfat, L	0,2	0,65	0,13
- Na OH, L	1,25	10	12,50
- Urea, Kg	4,0	1,20	4,80
- NPK, Kg	1,5	3	4,50
- Antifoam, ml	0,25	35	8,75
Utilitas			
- Air, L	20,5	0,75	15,4
- Uap Air, Kg	5,1	170	867
- Listrik, kwh	1,3	150	195
Biaya Total			2.400

Sumber: Balai Besar Teknologi Pati-BPPT

Biaya produksi tidak termasuk pajak dan keuntungan adalah Rp. 2400 + Rp. 976 = Rp. 3376 per liter.

Harga bio-ethanol sangat tergantung dari biaya bahan baku, karena sensitif terhadap iklim, perdagangan sebagai bahan baku tepung tapioka dan lain-lain.

3. KENDALA DAN UPAYA PENGEMBANGAN PRODUKSI BIO-ETHANOL

Produksi ethanol/bio-ethanol harus mempertimbangkan keekonomiannya dari dua sisi kepentingan, yaitu sisi produsen ethanol/bio-ethanol yang memerlukan bahan baku produksi tanaman dengan harga rendah, dan dari segi petani penghasil bahan baku yang menginginkan produksi tanamannya dibeli dengan harga tinggi dan biaya produksi paling rendah. Hal tersebut disebabkan nilai produksi tanaman adalah sebagai biaya pengeluaran untuk pembelian bahan baku bagi produsen ethanol/bio-ethanol. Oleh karena itu, keekonomian program pemanfaatan ethanol/bio-ethanol untuk bahan bakar kendaraan bukan saja ditentukan oleh harga bahan bakar premium saja, tetapi ditentukan pula oleh harga bahan baku pembuatan ethanol/bio-ethanol dalam hal ini produksi tanaman.

3.1 Kendala Pengembangan Produksi Bio-Ethanol

Dalam memenuhi program pemanfaatan ethanol/bio-ethanol untuk bahan bakar kendaraan, pemerintah telah membuat *road map* teknologi bio-ethanol, yaitu pada periode tahun 2005-2010 dapat memanfaatkan bio-ethanol sebesar 2% dari konsumsi premium (0.43 juta kL), kemudian pada periode tahun 2011-2015, persentase pemanfaatan bio-ethanol ditingkatkan menjadi 3% dari konsumsi premium (1.0 juta kL), dan selanjutnya pada periode tahun 2016-2025, persentase pemanfaatan bio-ethanol ditingkatkan menjadi 5% dari konsumsi premium (2.8 juta kL). Namun untuk merealisasikan *road map* teknologi bio-

ethanol harus melibatkan banyak pihak baik dari sisi Pemerintah maupun Swasta. Mengingat sampai saat ini belum ada sinergi yang diwujudkan dalam satu dokumen rencana strategis yang komprehensif dan terpadu, sehingga akan timbul beberapa kendala yang harus diatasi. Beberapa kendala tersebut, meliputi:

- Rencana pengembangan lahan untuk tanaman penghasil bahan baku bio-ethanol yang dibuat oleh Departemen Pertanian dan Departemen Kehutanan belum terkait langsung dengan rencana pengembangan bio-ethanol di sektor energi;
- Rencana Pemerintah dalam pengembangan energi dan instrumen kebijakan yang diperlukan dalam pengembangan bio-ethanol belum terkait langsung dengan rencana dari para pihak pelaku bisnis bio-ethanol dan pengelola lahan pertanian yang sangat luas untuk menghasilkan bahan baku; dan
- Ketidakpastian resiko investasi dalam komersialisasi pengembangan bio-ethanol dan belum terbentuknya rantai tata niaga bio-ethanol.

Agar kendala tersebut dapat diatasi harus didukung adanya kebijakan Pemerintah mengenai pertanian dan kehutanan yang terkait dengan peruntukan lahan, kebijakan insentif bagi pengembangan bio-ethanol, tekno-ekonomi produksi dan pemanfaatan bio-ethanol, sehingga ada kejelasan informasi bagi pengusaha yang tertarik dalam bisnis bio-ethanol.

3.2 Upaya Pengembangan Bio-Ethanol

Dalam upaya pengembangan bio-ethanol diperlukan adanya beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu:

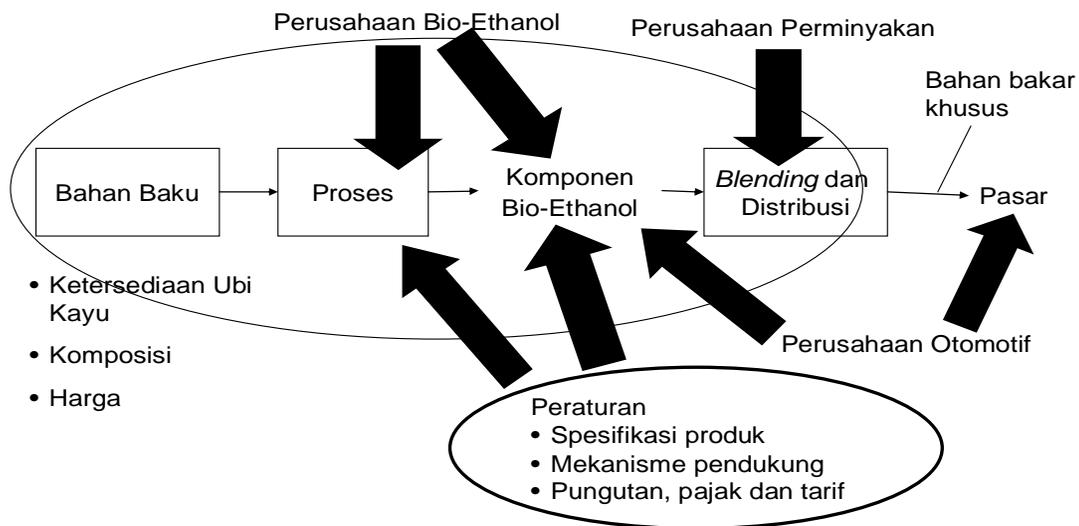
- Menyusun agenda bersama untuk mendapatkan konsensus terhadap program yang komprehensif dan terpadu agar supaya memberikan hasil yang konkret dan maksimal, antara lain melalui penetapan sasaran dan upaya pencapaiannya untuk produksi, distribusi dan pemakaian bio-ethanol serta penjabaran agenda dan program implementasi yang konkret.
- Melakukan inventarisasi dan evaluasi secara rinci berbagai peluang dan tantangan untuk investasi bio-ethanol, khususnya berbagai insentif yang diperlukan
- Membangun rantai tata niaga bio-ethanol secara bertahap yang difasilitasi oleh Pemerintah
- Menyatukan semua rencana pengembangan bio-ethanol dari berbagai pihak terkait dalam suatu "Blueprint Pengembangan *Bio-fuel*" yang dapat dijadikan pegangan bagi para *stakeholder*.

3.3 Komponen Rantai Tata Niaga Bio-Ethanol

Komponen rantai tata niaga bio-ethanol dimulai dari pengadaan bahan baku, proses produksi bio-ethanol anhydrous, pencampuran bio-ethanol dengan premium hingga ke pemasaran.

Dengan adanya peraturan yang baik, konsisten, dan mendukung yang dapat dijadikan pegangan bagi para *stakeholder* akan dapat mendorong berjalannya tata niaga bio-ethanol. Tata niaga bio-ethanol dapat berjalan sesuai yang diharapkan apabila ada kejelasan potensi pasar bio-ethanol. Potensi pasar bio-ethanol dapat diperkirakan berdasarkan perkiraan kebutuhan bio-ethanol yang disepakati oleh semua pihak yang terkait dan dituangkan dalam *road map* teknologi bio-ethanol, sehingga mendorong minat pengusaha dalam

mengembangkan produksi bio-ethanol di Indonesia. Komponen rantai tata niaga bio-ethanol ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen Rantai Tata Niaga Bio-Ethanol

4. KESIMPULAN

1. Alkohol/bio-ethanol dapat diproduksi dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Proses pembuatan glukosa dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan, yaitu Hydrolisa asam dan Hydrolisa enzyme. Selanjutnya dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi ethanol dengan menambahkan yeast atau ragi.
2. Keekonomian program pemanfaatan ethanol/bio-ethanol untuk bahan bakar kendaraan bukan saja ditentukan oleh harga bahan bakar premium saja, tetapi ditentukan pula oleh harga bahan baku pembuatan ethanol/bio-ethanol, oleh karenanya produksi ethanol/bio-ethanol harus mempertimbangkan keekonomiannya dari dua sisi kepentingan, yaitu sisi produsen ethanol/bio-ethanol dan dari segi petani penghasil bahan baku.
3. Sampai saat ini belum ada sinergi yang diwujudkan dalam satu dokumen rencana strategis yang komprehensif dan terpadu, sehingga akan timbul beberapa kendala yang harus diselesaikan. Namun agar kendala tersebut dapat diatasi harus didukung adanya kebijakan Pemerintah mengenai pertanian dan kehutanan yang terkait dengan peruntukan lahan, kebijakan insentif bagi pengembangan bio-ethanol, tekno-ekonomi produksi dan pemanfaatan bio-ethanol, sehingga ada kejelasan informasi bagi pengusaha yang tertarik dalam bisnis bio-ethanol.

DAFTAR PUSTAKA

1. BPPT, *Kajian Lengkap Prospek Pemanfaatan Biodiesel Dan Bioethanol Pada Sektor Transportasi Di Indonesia*. 2005.

2. Balai Besar Teknologi Pati-BPPT, *Kelayakan Tekno-Ekonomi Bio-Ethanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*, 27 Januari 2005.
3. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, *Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Pola Pikir Pengelolaan Energi Nasional*, 2005.
4. Ir. Sutijastoto, MA, *Kebijakan Energi Mix*, Juni 2005.