

## PERAN PERGURUAN TINGGI DAN LEMBAGA PENELITIAN DALAM PENGEMBANGAN PEMANFAATAN HASIL SAMPING INDUSTRI BODIESEL DAN BIOETANOL

Erliza Hambali\*

\*Kepala Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi LPPM-IPB

### PENDAHULUAN

Pengembangan bioenergi di dalam negeri merupakan hal yang mendesak untuk direalisasikan. Ketersediaan energi fosil dalam negeri yang semakin menipis menjadikan pengembangan bioenergi merupakan prioritas utama yang harus dilakukan demi terjaganya kesinambungan ketersediaan energi dalam negeri. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi (2006), diketahui bahwa ketersediaan sumber daya minyak bumi Indonesia saat ini hanya mencapai 86,9 milyar barel dan diperkirakan hanya dapat memenuhi konsumsi energi dalam negeri selama 23 tahun ke depan. Di lain pihak pertambahan jumlah penduduk Indonesia dari tahun ke tahun telah meningkatkan kebutuhan sarana transportasi dan aktivitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) nasional. Padahal selama ini ketergantungan masyarakat Indonesia akan minyak bumi sangat tinggi. Hal ini terlihat dari setiap aktivitas sehari-hari masyarakat Indonesia yang tidak terlepas dari pemakaian bahan bakar seperti memasak, penerangan, transportasi, angkutan, keperluan industri, dan sebagainya.

Besarnya ketergantungan Indonesia pada BBM yang berbanding terbalik dan semakin menipisnya persediaan minyak bumi telah diantisipasi oleh Pemerintah. Melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak, Pemerintah mengumumkan rencana Indonesia untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Pencarian sumber energi alternatif merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Pengembangan bioenergi khususnya biofuel sebagai sumber energi alternatif sangat strategis untuk mengatasi permasalahan yang ada. Pemerintah Indonesia juga telah memberikan perhatian serius untuk pengembangan bahan bakar nabati (biofuel).

Hal ini terlihat dari diterbitkannya Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.

Biodiesel dan bioetanol adalah beberapa bahan bakar nabati yang dapat dikembangkan. Indonesia sebagai negara agraris mempunyai potensi bahan baku yang sangat besar untuk menghasilkan biodiesel dan bioetanol di antaranya adalah kelapa sawit, kelapa, dan jarak pagar yang bisa dijadikan biodiesel sebagai pengganti solar, dan tebu, jagung, singkong, ubi serta sagu yang bisa dijadikan bioetanol sebagai pengganti premium.

Pengembangan industri biofuel dalam negeri harus kompetitif. Untuk itu diperlukan riset pengembangan biofuel dari hulu hingga ke hilir termasuk pemanfaatan hasil samping yang dihasilkan dari proses produksi biofuel. Penelitian yang mengarah kepada pemanfaatan hasil samping industri biofuel menjadi salah satu point penting, karena diperkirakan akan terjadi peningkatan produksi biofuel di masa yang akan datang. Perkiraan kebutuhan biofuel jenis biodiesel berdasarkan *roadmap bioediesel technology* hingga tahun 2010 sebesar 2 % dari total konsumsi diesel nasional sebesar 720.000 kiloliter. Untuk itu, teknologi pengolahan hasil samping menjadi salah satu hal yang perlu diantisipasi. Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian merupakan penanggung jawab utama dalam hal pencarian inovasi – inovasi baru dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengolahan lebih lanjut dari hasil samping yang dihasilkan akan memberikan nilai positif terutama bagi pengusaha sebagai pelaku bisnis industri biodiesel dan bioetanol dalam terciptanya industri biofuel yang semakin kompetitif.

## PERKEMBANGAN INDUSTRI BODIESEL DAN BIOETANOL DI INDONESIA

Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain telah mendorong pelaku – pelaku bisnis untuk terjun dalam bisnis pengolahan bahan bakar nabati. Pada tahun 2007 ini diperkirakan kebutuhan biodiesel dan bioetanol akan semakin meningkat. Besarnya kebutuhan biodiesel dan bioetanol dunia telah membuka peluang usaha bagi para pelaku bisnis yang tertarik untuk menggeluti bisnis baru ini. Pada tahun 2006 telah ada 3 (tiga) produsen besar biodiesel berbasiskan minyak sawit, di antaranya yaitu PT. Eterindo Wahana Tama, PT. Platinum, dan PT. Sumiasih. Pada tahun 2007 ini

diestimasi terdapat penambahan jumlah produksi biodiesel yang diproduksi oleh PT. Eterindo Wahana Tama, PT. Bio Nusantara, PT. Sumiasih, PT Darmex, dan oleh PT. Platinum (Pertamina, 2006).

Beberapa perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan bioetanol diantaranya yaitu PT. Molindo Raya, PT. Indo Acidatama, dan PT. Indo Lampung. Pada tahun 2009, diestimasi terdapat penambahan jumlah produksi bioetanol sebesar 35.000 KI per tahun oleh PT. Etanol Indonesia yang berlokasi di Banten, 60.000 KI per tahun oleh PT. Sampoerna Group, dan terakhir yaitu PT. Molindo Raya yang berencana mengembangkan industri pengolahan bioetanol di Lampung dengan kapasitas 40.000 KI per tahun. Pada tahun 2010 diperkirakan akan ada penambahan jumlah produksi bioetanol sebesar 50.000 KI per tahun oleh PT. Indo Acidatama di Lampung (Pertamina, 2006).

## **PERAN PERGURUAN TINGGI DAN LEMBAGA PENELITIAN DI BIDANG RISET PEMANFAATAN HASIL SAMPING INDUSTRI BODIESEL DAN BIOETANOL**

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) merupakan hal yang tidak dapat dilepaskan dalam ranah kehidupan setiap industri. IPTEK dituntut cepat tanggap terhadap setiap perubahan secara global. Demikian pula dalam menghadapi perkembangan industri biofuel yang kini banyak bermunculan, demi tercapainya efisiensi proses produksi industri biofuel.

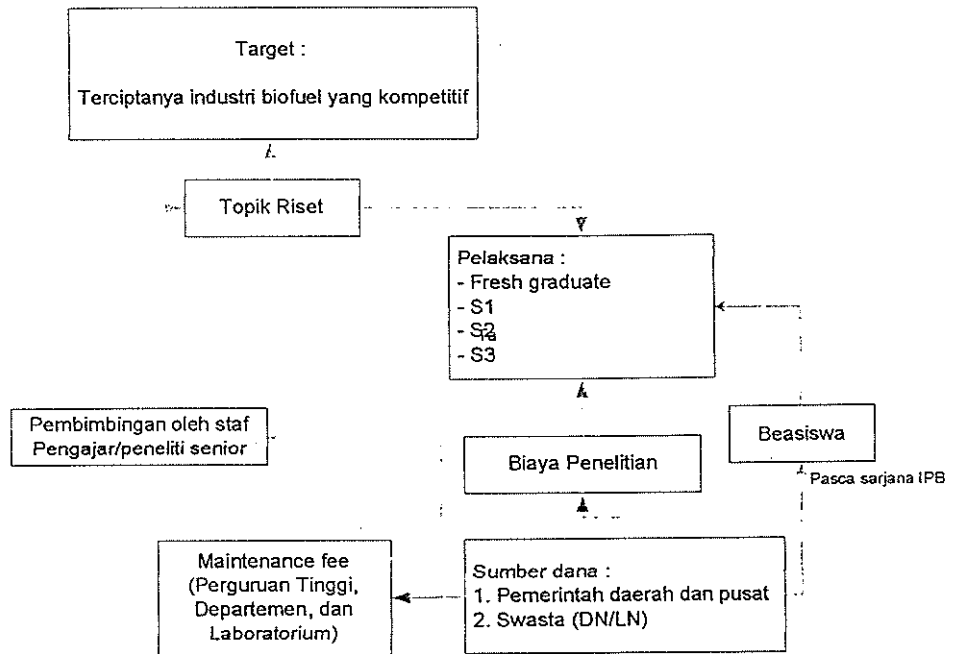
Seperti umumnya kegiatan industri lain, kegiatan industri biofuel tidak dapat terlepas dari keberadaan limbah yang dihasilkan selama proses produksi biofuel. Keberadaan limbah yang banyak dan tidak terkelola dengan baik terkadang menimbulkan permasalahan tersendiri. Limbah dalam suatu industri bagaikan dua sisi mata uang, pada satu sisi, pengolahan limbah cukup menelan biaya namun tidak menghasilkan income bagi perusahaan, disisi lain, limbah yang tidak mengalami proses pengolahan terlebih dahulu akan memberikan efek negatif terhadap lingkungan. Pada titik inilah peran IPTEK sangat diperlukan dalam mencari terobosan – terobosan baru untuk meningkatkan nilai tambah dari produk yang dipandang tidak mempunyai nilai ekonomi.

Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian sebagai salah satu basis tempat pengembangan IPTEK dapat memberikan kontribusinya melalui pengembangan riset – riset terkait sesuai dengan kebutuhan industri. Riset – riset yang dilakukan meliputi produk - produk turunan hasil samping industri biofuel yang

memungkinkan dengan menitik beratkan terhadap kebutuhan pasar atau industri, pengembangan produk – produk turunannya, dan uji coba aplikasi produk – produk turunan yang dihasilkan.

Keberhasilan pengembangan limbah dan hasil samping industri biofuel tidak terlepas dari partisipasi industri terutama industri biofuel dan industri pengguna produk yang diturunkan dari limbah dan hasil samping industri biofuel. Kendala utama perkembangan IPTEK Indonesia saat ini adalah kurangnya partisipasi industri dalam menunjang pengembangan teknologi hasil anak bangsa sendiri baik dalam pendanaan riset itu sendiri maupun dalam penerapan teknologi yang telah diperoleh. Untuk itu, pembangunan kerjasama antara industri, Perguruan Tinggi, dan Lembaga Penelitian merupakan aspek penting yang perlu dibangun dalam rangka menunjang keberhasilan pengembangan IPTEK proses produksi dan menumbuhkan daya cipta produk – produk baru yang dihasilkan dari limbah dan hasil samping industri biofuel.

Peran aktif dari Pemerintah dan pihak swasta sebagai pengguna teknologi akan mendorong percepatan kesuksesan pengembangan IPTEK yang dilakukan. Peran serta Pemerintah dan swasta yang dapat diberikan antara lain yaitu penyediaan dana penelitian. Kurangnya alokasi dana bagi pengembangan IPTEK merupakan salah satu faktor penghambat kemajuan IPTEK nasional. Adanya peran serta aktif Pemerintah dan swasta tidak hanya dapat menciptakan industri biofuel berbasis IPTEK yang berdaya saing tinggi namun juga tersedianya sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dalam teknologi pemanfaatan hasil samping industri biofuel. Pola kerjasama dalam pengembangan pemanfaatan hasil samping industri biofuel yang dapat dilakukan antara Pemerintah, swasta, Perguruan Tinggi atau lembaga penelitian di sajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola kerjasama dalam pengembangan pemanfaatan hasil samping industri Biofuel antara Pemerintah, swasta, Perguruan Tinggi atau lembaga penelitian

## POTENSI LIMBAH INDUSTRI BODIESEL DAN BIOETANOL

### 1. Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai solar. Kelebihan biodiesel dibanding solar adalah sebagai berikut: merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number* rendah) sesuai dengan isu-isu global, *cetane number* lebih tinggi (> 57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin; *biodegradable* (dapat terurai), merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui, dan meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

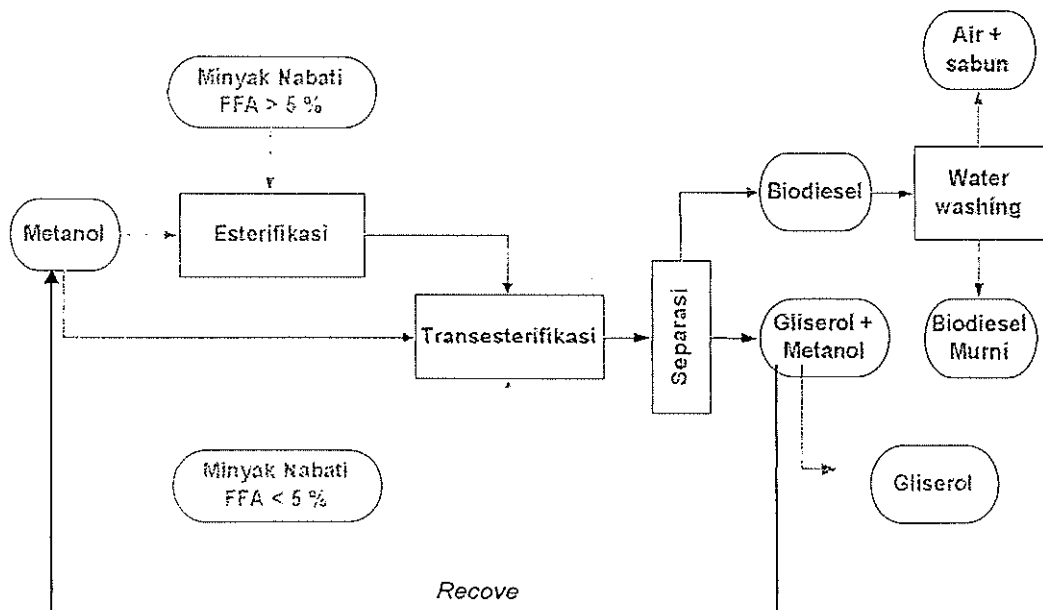
Beberapa sumber minyak nabati Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya adalah minyak sawit, minyak kelapa, dan minyak jarak pagar. Potensi produksi minyak dalam liter per hektar yang dihasilkan dari sumber bahan baku biodiesel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produktifitas Sumber Bahan Baku Biodiesel Indonesia

Crop	Produktifitas (liter minyak/Ha)	Negara yang sedang membudidayakan pada thn 2004
Jatropha	1892	India, Indonesia, dan Afrika
Kelapa	2689	Pilipina, Indonesia, India, Vietnam, Meksiko
Sawit	5950	Malaysia, Indonesia, Nigeria, Tailan, Kolombia

Sumber : Aun (2006)

Biodiesel dihasilkan dari minyak nabati yang diproses melalui proses esterifikasi, esterifikasi dan transesterifikasi, atau transesterifikasi baik dengan menggunakan atau tanpa katalis. Pada proses pembuatan biodiesel di hasilkan beberapa limbah yang dihasilkan pada prosesing minyak menjadi biodiesel. Seiring dengan pengembangan industri biodiesel potensi limbah yang dihasilkan sangat besar. Diagram alir proses pengolahan biodiesel dan potensi limbah dan hasil samping industri biodiesel disajikan pada Gambar 2.

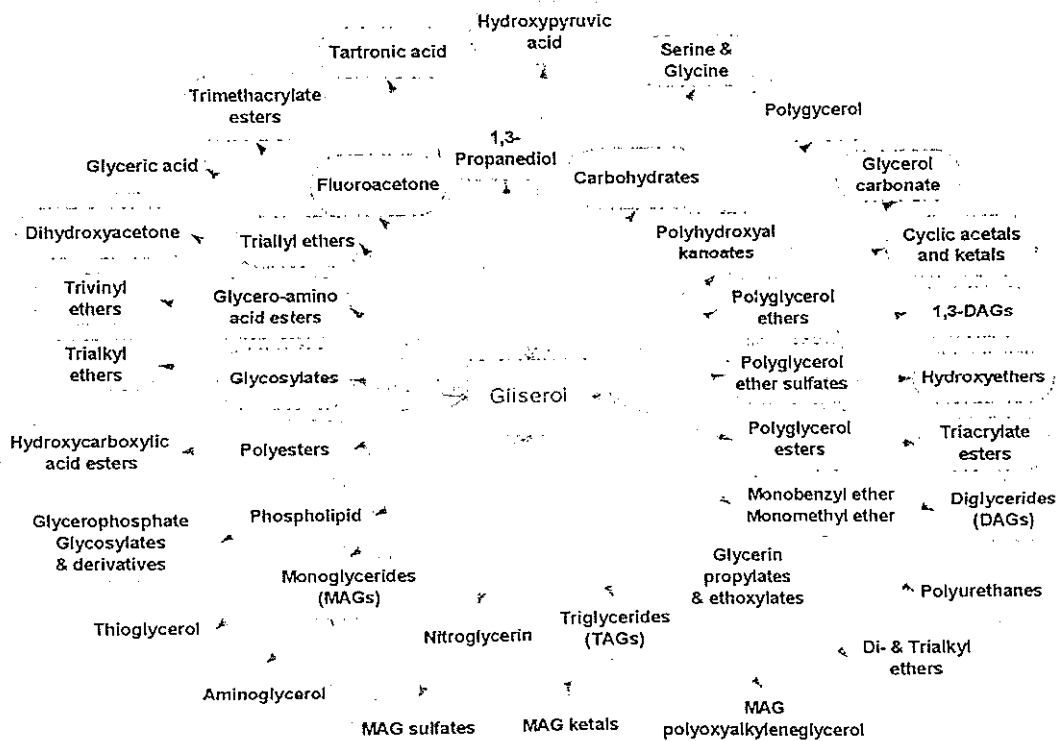


Gambar 2. Diagram Proses Produksi Biodiesel

Industri biodiesel merupakan industri biofuel terbesar yang kini berkembang di dalam negeri. Industri ini menghasilkan hasil samping yang cukup besar dari proses produksinya. Gliserol merupakan hasil samping yang cukup besar yang dihasilkan dari proses pembuatan biodiesel. Hampir 10 persen crude gliserol dihasilkan pada setiap proses pembuatan biodiesel. Meningkatnya permintaan biodiesel akan berpengaruh terhadap ketersediaan gliserol di

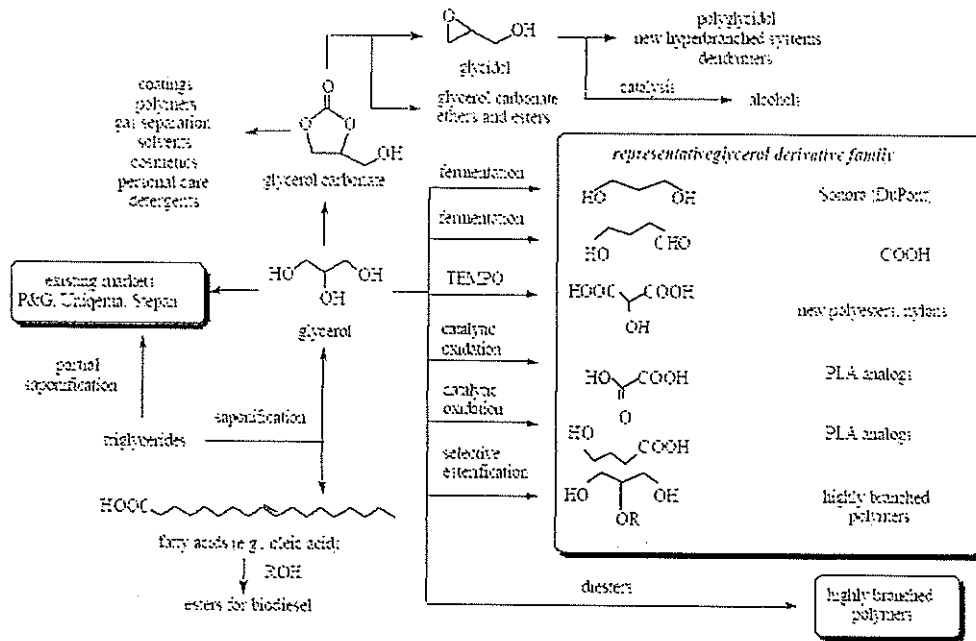
pasaran dan apabila tidak dikendalikan dapat mempengaruhi harga gliserol di pasaran. Pengembangan gliserol menjadi produk – produk turunannya dapat meningkatkan nilai tambah gliserol dan meningkatkan efisiensi proses produksi biodiesel.

Pengembangan gliserol hasil samping industri biodiesel sangat menjanjikan. Ini dikarenakan luasnya aplikasi gliserol pada berbagai industri. Beberapa aplikasi gliserol dalam industri antara lain yaitu sebagai emulsifier, agen pelembut, *plasticizer*, dan *stabilizer* es krim; sebagai pelembab kulit, pasta gigi, dan obat batuk; sebagai media pencegahan pada reaksi pembekuan sel darah merah, sperma, kornea, dan jaringan lainnya; sebagai tinta printing dan bahan aditif pada industri pelapis dan cat; sebagai bahan antibeku, sumber nutrisi dalam proses fermentasi, dan bahan baku untuk nitogliserin. Pada Gambar 3 dapat kita lihat aplikasi gliserol untuk industri lainnya.



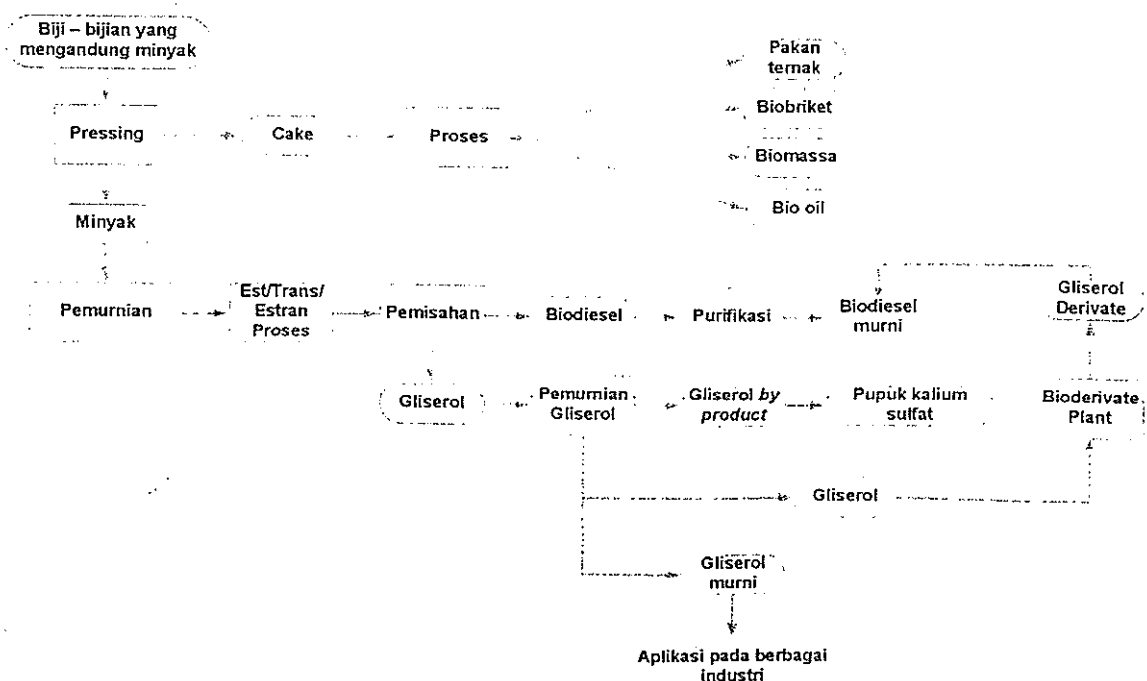
Gambar 3. Aplikasi Gliserol

Sintesa gliserol menjadi produk turunannya memiliki jalur yang cukup sederhana. Jalur sintesa gliserol menjadi produk – produk turunannya digambarkan pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Gliserol Platforms

Pengembangan pemanfaatan limbah industri biofuel dapat menciptakan pengembangan industri biofuel yang terintegrasi. Melalui pengembangan industri biofuel terintegrasi diharapkan dapat tercipta *cost* produksi yang efektif dan efisien. Dengan demikian akan mendorong terciptanya industri biofuel Nasional yang kompetitif. Gambar 5 merupakan gambaran integrasi industri biofuel biodiesel.



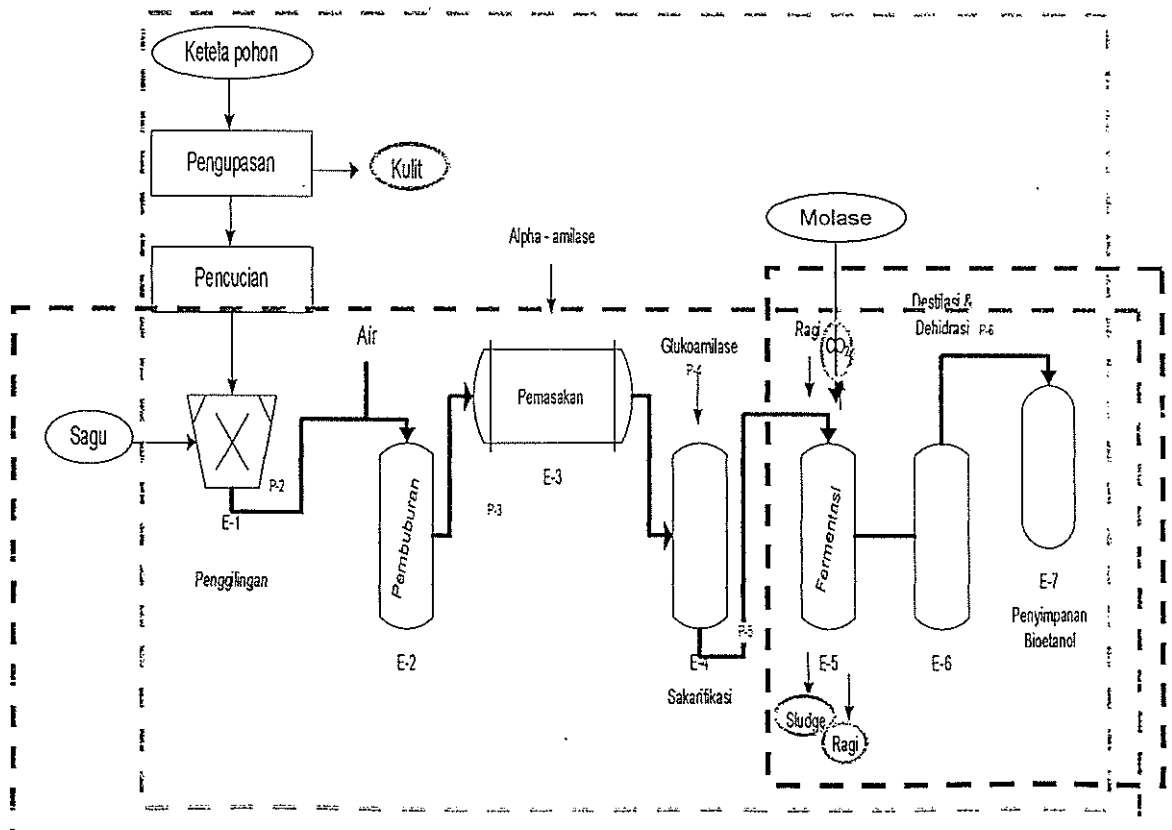
Gambar 5. Industri Biodiesel Terintegrasi



## Bioetanol

Bioetanol merupakan jenis biofuel lain yang kini dikembangkan di dalam negeri. Sumber bahan baku bioetanol potensial di Indonesia antara lain adalah ubi kayu, sagu, dan tebu. Ketika harga BBM semakin tinggi, produk ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti BBM pada motor bensin. Penggunaan bioetanol sebagai bahan pengganti bensin, dapat digunakan dalam bentuk 100 % (E100). Penggunaan etanol E100 diperlukan modifikasi mesin mobil. Brazil sebagai produsen bioetanol dunia, menggunakan bioetanol sebagai campuran dalam bensin. E10 merupakan komposisi yang kini paling banyak digunakan. Lambang E10 mempunyai arti yaitu 10 persen etanol di dalam 90 persen bensin.

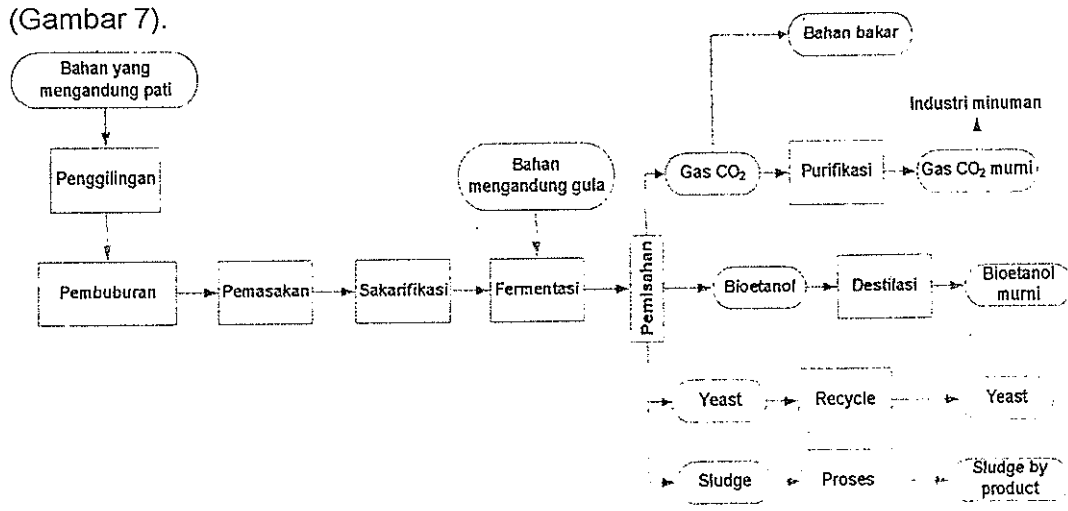
Bioetanol diperoleh dari hasil fermentasi bahan yang mengandung gula. Tahap inti produksi bioetanol adalah fermentasi gula baik yang berupa glukosa, sukrosa, maupun fruktosa oleh ragi (*yeast*) terutama *Saccharomyces sp.* atau bakteri *Zymomonas mobilis*. Proses produksi bioetanol disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Proses Produksi Bioetanol Berbasis Ketela Pohon, Sagu, dan Molase Tebu

Pada proses produksi bioetanol terdapat dua produk yang dihasilkan sebagai hasil samping yaitu gas CO<sub>2</sub> dan sludge. Gas CO<sub>2</sub> dihasilkan pada tahap pemecahan gula – gula sederhana menjadi etanol dengan melibatkan enzim dan ragi (*yeast*). Gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan memiliki perbandingan stokiometri yang sama dengan etanol yang dihasilkan yaitu 1: 1. Sludge adalah limbah lain yang dihasilkan dalam jumlah yang cukup besar dari proses pembuatan bioetanol. Ratio *sludge* yang diperoleh dari hasil fermentasi etanol mencapai 70 persen pada umumnya masih mengandung larutan gula hingga kadar 18 %.

Sama halnya dengan pengembangan pemanfaatan limbah industri biodiesel, pengembangan hasil samping industri bioetanol diharapkan akan mendorong terciptanya industri bioetanol Nasional terintegrasi yang kompetitif (Gambar 7).



Gambar 7. Industri Bioetanol Terintegrasi

## PENELITIAN – PENELITIAN YANG PERLU DIKEMBANGKAN

Pengembangan biofuel dimasa yang akan datang sangat prospektif untuk dikembangkan. Menipisnya cadangan minyak nasional dan harga minyak dunia yang semakin meningkat, akan berimplikasi terhadap permintaan biofuel yang semakin meningkat. Peningkatan permintaan biofuel nasional akan berpengaruh terhadap hasil samping yang dihasilkan dari proses produksi biofuel yang harus diantisipasi bagaimana cara pengolahannya. Melalui pengembangan teknologi pemanfaatan hasil samping industri biofuel menjadi produk – produk turunannya dapat menjadi solusi untuk mengatasi ketersediaan hasil samping industri biofuel yang tidak terkendali. Beberapa Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian telah memulai untuk memikirkan dan mengembangkan pemanfaatan limbah dan hasil

samping yang dihasilkan dari proses produksi biofuel. Pengembangan teknologi pemanfaatan hasil samping dapat memberikan point positif yaitu mendukung terciptanya industri biofuel yang kompetitif berbasiskan IPTEK yang berdaya saing tinggi.

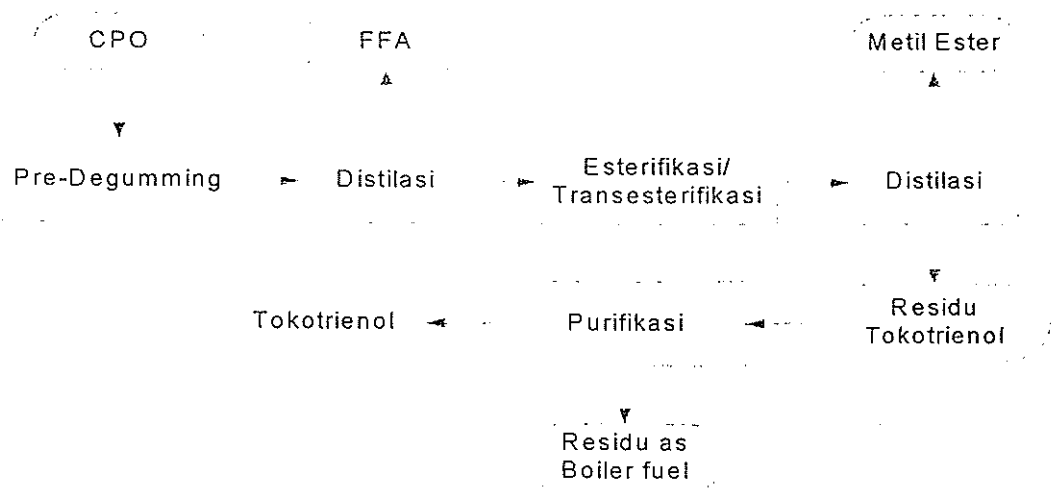
SBRC sebagai salah satu lembaga penelitian di bawah Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat – IPB, saat ini telah mengembangkan beberapa riset berkaitan dengan pemanfaatan limbah dan hasil samping proses produksi biodiesel. Riset yang dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Recovery metanol pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar
2. Pemurnian gliserol sebagai hasil samping biodiesel berbasis minyak jarak pagar dengan metode acidulasi
3. Pengembangan gliserol sebagai bahan aditif dalam pembuatan sabun transparan
4. Pengembangan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar sebagai bahan baku gliserol karbonat
5. Pengembangan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar sebagai bahan baku polygliserol
6. Pengembangan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar sebagai bahan baku pembuatan pupuk kalium sulfat
7. Pengembangan gliserol sebagai bahan baku pembuatan polylactic acid
8. Pengembangan bungkil jarak pagar sebagai bahan baku biobriket
9. Pengembangan bungkil jarak pagar sebagai bahan baku pupuk *slow release*
10. Pengembangan detoksifikasi bungkil jarak pagar sebagai bahan baku pakan ternak.

Disamping penelitian - penelitian yang disebutkan di atas, pada saat ini SBRC – LPPM IPB sedang mengembangkan produk turunan dari gliserol yang dapat digunakan sebagai bahan aditif biodiesel. Penelitian pengembangan bahan aditif untuk biodiesel dilatarbelakangi oleh karakteristik biodiesel yang dihasilkan saat ini masih memiliki kelemahan. Kelemahan yang dimiliki diantaranya adalah nilai viskositas biodiesel yang tinggi, dan nilai titik tuang serta titik kabut biodiesel tinggi apabila dibandingkan dengan solar. Nilai viskositas yang tinggi akan menyulitkan pemompaan/pemasukan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin. Karakteristik ini dapat kita lihat dari nilai viskositas kinematik biodiesel yang lebih rendah jika dibandingkan dengan solar. Nilai viskositas kinematik biodiesel dan solar masing – masing adalah 3,5 – 5 Cst dan

5,2 Cst. Nilai titik tuang dan titik kabut biodiesel yang tinggi menyebabkan biodiesel sulit untuk terbakar pada suhu rendah. Karakteristik ini kurang menguntungkan bagi pengembangan biodiesel di negara – negara yang mempunyai empat musim. Penambahan bahan aditif ke dalam biodiesel merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kelemahan yang dimiliki biodiesel. Pemanfaatan gliserol sebagai bahan aditif dilakukan dengan mensintesa gliserol menjadi senyawaan beroksigen. Di dalam U.S. Patent 5306835, 1994, diketahui bahwa tambahan 20 persen senyawaan gliserol beroksigen pada biodiesel dapat mengurangi 5°C titik kabut dan mengurangi viskositas biodiesel sampai sebesar 8 %. Pengembangan bahan aditif biodiesel dari gliserol yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel memberikan beberapa keuntungan, diantaranya yaitu dapat memperbaiki karakteristik biodiesel, meningkatkan nilai tambah biodiesel dan gliserol, serta meningkatkan efisiensi proses produksi biodiesel.

Beberapa penelitian lain berkaitan dengan pemanfaatan limbah dan hasil samping lain yang sedang dikembangkan SBRC – LPPM IPB antara lain yaitu proses ekstraksi tokotrienol dari biodiesel minyak sawit dan recovery katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis padat. Minyak sawit merupakan salah satu sumber bahan baku biodiesel yang potensial di Indonesia (total produksi pada akhir tahun 2006 ini mencapai 17,2 juta ton). Penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel, tidak hanya menghasilkan gliserol sebagai hasil sampingnya, namun lebih jauh minyak sawit mengandung komponen – komponen minor yang terikut ketika minyak sawit terkonversi menjadi biodiesel. Tokotrienol merupakan sumber vitamin E dan di dalam minyak sawit kasar atau CPO terkandung sekitar 600 – 700 ppm tokotrienol. Konversi minyak sawit menjadi metil ester, akan tetap mempertahankan keutuhan tokotrienol di dalam metil ester. Proses pembuatan metil ester pada suhu yang relatif rendah yang tidak cukup untuk merusak komponen tokotrienol dalam metil ester. Isolasi komponen tokotrienol metil ester minyak sawit akan dapat meningkatkan nilai tambah dari metil ester yang dihasilkan. Pada Gambar 8 disajikan diagram alir pengembangan teknik isolasi komponen minor dalam metil ester minyak sawit yang sedang dikembangkan oleh SBRC – LPPM IPB.



Gambar 8. Diagram Alir Pengembangan Ekstraksi Tokotrienol pada Biodiesel

Hasil samping industri biofuel memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan. Beberapa riset lain yang perlu dikembangkan oleh Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian dalam menunjang terciptanya industri biofuel yang kompetitif melalui pengembangan hasil samping industri biofuel diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Proses produksi glisidol dari gliserol
2. Proses produksi ester dari gliserol
3. Proses produksi eter dan ester gliserol karbonat
4. Proses produksi alkohol dari glisidol
5. Proses produksi PLA analog menggunakan oksidasi katalitik dari gliserol
6. Proses produksi polimer dari gliserol
7. Proses produksi nylon dari gliserol
8. Proses produksi gliserol menjadi berbagai produk seperti fluoroaseton, asam tratronik, dihidroksiaseton, asam gliserik, asam hidroksipirufik, serin & glisin, gliserol karbonat, acetal dan ketals, hidroksieter, triakrilat ester, trimetakrilat ester, triallil eter, trivinil eter, trialkil eter, trialkil eter, hidroksikarbosilik, asam ater, gliserofospat, glikosilate, poliester, asam glisero amino ester, nitroNgliserin, aminoglisierol, tioglisierol, trigliscerida, digliscerida, MAGs ketals, MAG Sulfat, Monoglisierida (MAGs), MAG polioksialkilen gliserol, Di- & Trialkil eter, Monobenzil eter, Monometil eter, Poliuretan, Gliserin propilat, etoksilat, Poligliserol ester, Poligliserol eter sulfat, Poligliserol eter, Polihidroksialkanoat, Poligliserol, dan 1,3-Propanediol.
9. Proses pemisahan karbohidrat dan protein dari bungkil biji jarak pagar

10. Proses produksi protein isolat dari bungkil biji jarak pagar
11. Proses pembuatan pupuk dari sludge limbah industri bioetanol
12. Aplikasi gliserol karbonat untuk kosmetika, personal care product, deterjen, bahan pelapis (coating), polimer, pemisahan gas, dan pelarut
13. Analisis efisiensi produksi produk turunan hasil samping industri biodiesel dan bioetanol
14. Analisis kemitraan dan pemberdayaan masyarakat dalam pengembangan produk turunan hasil samping industri biodiesel dan bioetanol
15. Studi kelayakan pendirian industri produk turunan biodiesel dan bioetanol

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### Kesimpulan

Biofuel perlu segera dikembangkan di Indonesia. Peningkatan produksi biofuel di masa yang akan datang diperlukan antisipasi keberadaan hasil samping yang dihasilkan. Potensi limbah dan hasil samping industri biofuel yang besar memerlukan pengembangan teknologi pemanfaatan limbah dan hasil samping industri biofuel menjadi produk – produk turunannya. Pengembangan produk turunan dari limbah dan hasil samping industri biofuel dapat menciptakan *cost* produksi yang lebih efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan riset yang mengarah kepada hal tersebut. Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian bekerjasama dengan pihak industri merupakan penanggung jawab terhadap pengembangan IPTEK dibidang biofuel.

### Rekomendasi

Keberhasilan pengembangan pemanfaatan limbah dan hasil samping industri biofuel diperlukan keterlibatan semua pihak baik Pemerintah, swasta, maupun perguruan tinggi. Peran serta swasta khususnya industri biofuel akan sangat menunjang bagi pengembangan industri biofuel. Untuk itu diperlukan komitmen akan keterlibatan swasta dan Pemerintah dalam menunjang penelitian yang mengarah kepada pengembangan pemanfaatan limbah dan hasil samping industri biofuel. Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian sudah waktunya untuk mengembangkan penelitian yang mengarah kepada pemanfaatan limbah dan hasil samping industri biofuel sehingga industri biofuel di Indonesia semakin kompetitif.

## PUSTAKA

- Aun, K. H. 2006. Feedstock for Biofuels – Strategies for Sustainable Feedstock to Biodiesel Industry. Makalah : Disampaikan dalam International Biofuel & Alternative Energy Conference 2006, 5 – 6 Desember, 2006. Kualalumpur.
- Hui, Y. H. 1996. Bailey's Industrial Oil and Fat Products : Edible Oil and Fat Products Processing Technology. New York. John Wiley & Sons, Inc. Vol. 2
- Brown, R. C. 2003. Biorenewable Resources : Engineering New Products from Agriculture. Iowa State Press. USA
- Pertamina. 2006. Peran Pertamina Dalam Pengembangan Bisnis Biodiesel Dan Bioethanol Di Indonesia. Makalah : Disampaikan dalam Workshop Nasional Bisnis Biodiesel dan Bioethanol di Indonesia, 21 November 2006, Jakarta
- Tsobanakis, Paris. 2007. Glycerin – New Applications and Markets. Makalah : Disampaikan dalam Biofuels and Feedstock Indonesia 2007, 31 Januari 2007, Jakarta. Cargill Incorporated.

U.S Patent No. 5308365.

[www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com)

