



**LAPORAN AKHIR
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

**BIOBUTANOL DARI LIMBAH TAHU: ALTERNATIF ADITIF PADA
BENSIN SEBAGAI BIOFUEL INDONESIA**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM PENELITIAN**

oleh:

Nurul Qomariyah	(G44100095)/2010
Karina Dania Agusta	(G44100013)/2010
Lesya Agness Khayatun	(G44100051)/2010
Nanda Andrian Yuditya	(G44100072)/2010
Muhana Nurul Hidayah	(G44100114)/2010

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

JUDUL PROGRAM

Biobutanol dari Limbah Tahu: Alternatif Aditif pada Bensin Sebagai Biofuel Indonesia

LATAR BELAKANG MASALAH

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia meningkat cukup signifikan seiring bertambahnya mobil pribadi dan sepeda motor. Kebutuhan bahan bakar khususnya pada sektor transportasi pada tahun 2009 sebesar 24 juta kiloliter dan meningkat pada tahun 2010, yaitu sebesar 34 juta kiloliter dengan jumlah sepeda motor dan mobil pribadi pada tahun 2009, yaitu 62 juta dan meningkat pula di tahun 2010, yaitu sebesar 65 juta (Sukaraharja *et al* 2011). Kenyataan ini mendorong pemerintah untuk mencari bahan bakar alternatif pengganti bensin (bahan bakar fosil) yang sifatnya tidak dapat diperbaharui. Biofuel merupakan solusi alternatif pengganti bensin yang menjadi perbincangan hangat di dunia saat ini.

Biofuel dapat digunakan pada berbagai jenis mesin tanpa melakukan perubahan besar. Contoh dari biofuel ialah bioetanol dan biobutanol. Ada beberapa keunggulan penting biofuel dibandingkan bahan bakar fosil, dan salah satu yang sering dibicarakan adalah biofuel merupakan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil, karena biofuel dapat terurai di alam (*biodegradable*), serta tidak beracun dan tidak mengandung sulfur dan senyawa aromatik (Semar *et al* 2011).

Kebutuhan nasional untuk bahan baku nabati sedikitnya 18 miliar liter per tahun. Akan tetapi, keterbatasan bahan baku menjadi kendala utama karena harus berbagi dengan berbagai industri lain, misalnya industri pembuatan etanol. Di Indonesia, etanol digunakan tidak hanya untuk biofuel, tetapi digunakan pula untuk alkohol dan industri lain, seperti rokok dan plastik. Biofuel lain, seperti butanol biasanya dibuat dari bahan-bahan pangan, seperti jagung, biji-bijian, dan gandum. Bahan-bahan ini pun dibutuhkan manusia sebagai pangan fungsional sehingga dibutuhkan lahan yang besar untuk menanam bahan-bahan tersebut agar dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar dan pangan. Hal ini memunculkan gagasan untuk membuat biofuel dengan bahan baku yang berasal dari limbah industri yang masih mengandung karbohidrat cukup tinggi. Proses konversi dilakukan dengan memfermentasi karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme, misalnya *Clostridium acetobutylicum* sehingga dihasilkan jenis alkohol berkarbon empat, yaitu butanol.

Butanol memiliki kandungan energi hampir menyamai premium, yaitu sebesar 26,9-27,0 MJ/liter dengan bilangan oktan 89 sedangkan bensin, yaitu 85 dengan kandungan energi sebesar 32,2-32,9 MJ/liter. Nilai tersebut jauh di atas bioetanol sebesar 21,1-21,7 MJ/liter (Semar *et al* 2010). Biobutanol lebih baik dibandingkan dengan bioetanol karena biobutanol memiliki beberapa karakteristik fisika dan kimia lebih mirip ke bensin. Hal ini menyebabkan tidak perlu membangun infrastruktur baru untuk transportasi. Biobutanol juga tidak larut dalam air seperti bioetanol sehingga tidak mudah menyebabkan korosi.

Biobutanol dapat dicampur dengan bensin dalam kadar bervariasi. Hal yang sama tidak dimungkinkan dengan bioetanol. Kadar maksimum bioetanol dalam bensin hanya mencapai 10%, sehingga perlu adanya modifikasi khusus pada mesin kendaraan bermotor. Campuran biobutanol dan bensin lebih ekonomis karena kandungan energinya yang tidak jauh berbeda dengan bensin. Secara lingkungan biobutanol lebih aman daripada bioetanol karena jika tumpah tidak mudah mencemari air tanah akibat sifatnya yang menolak air (Semar *et al* 2011). Sifat butanol yang mirip dengan bensin ini menimbulkan gagasan untuk menambahkan butanol sebagai aditif pada bensin sebagai alternatif biofuel ramah lingkungan. Butanol yang ditambahkan berasal dari limbah tahu yang kandungan karbohidratnya masih cukup tinggi sehingga tidak mengganggu kebutuhan pangan Indonesia.

Jumlah industri tahu di Indonesia mencapai 84 ribu unit usaha dengan kapasitas produksi sekitar 2,56 juta ton per tahun. Dari hasil produksi tahu sebanyak itu, industri tahu juga menyumbang limbah cair yang diprediksi mencapai 20 juta meter kubik (m^3) per tahun. Jumlah limbah cair tahu dari 1 kg kedelai rata-rata sebesar 43,5 liter dengan kandungan karbohidrat 26,92 % (Nurhasan *et al* 1987). Acapkali limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran, seperti polusi air, sumber penyakit, bau tidak sedap, dan menurunkan estetika lingkungan sekitar sehingga perlu adanya penanganan dan pemanfaatan limbah untuk mengatasi hal tersebut.

Penelitian tentang penggunaan butanol sebagai aditif pada bensin telah dilakukan oleh Semar *et al* (2011) dimana dalam penelitiannya, tidak disebutkan butanol yang digunakan berasal dari mana. Maka karena itu, pengolahan limbah tahu menjadi biobutanol merupakan alternatif yang sangat baik karena selain dapat memberikan nilai ekonomis dan memberikan alternatif biofuel Indonesia, juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan hidup.

PERUMUSAN MASALAH

Perumusan dalam penelitian ini adalah pengujian keefektifan biobutanol dari limbah tahu sebagai campuran pada pembuatan bensin dengan komposisi biobutanol:bensin, yaitu 10:90, 20:80, 40:60, dan 50:50.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan membuat biobutanol dengan bahan dasar limbah tahu serta menguji keefektifan biobutanol sebagai aditif dalam bensin dengan melakukan pengujian nilai kalor

LUARAN YANG DIHARAPKAN

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini ialah dapat dihasilkan bahan bakar alternatif dengan zat aditif butanol yang merupakan hasil sintesis dari limbah cair tahu yang dapat mencemari lingkungan bila tidak dimanfaatkan dengan baik. Selain itu, dapat memberikan solusi kepada pemerintah untuk mulai mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang lebih ramah

lingkungan. Luaran lain sebagai hasil penelitian ialah paten dan artikel ilmiah yang akan diajukan berkala di bidang kimia.

KEGUNAAN PROGRAM

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat untuk menambah informasi mengenai biobutanol yang dapat disintesis dari limbah tahu yang industrinya mudah ditemui di masyarakat. Selain itu, dapat mengurangi pencemaran yang timbul akibat limbah yang dibuang di daerah sekitar masyarakat dan dapat memberikan alternatif pengolahan limbah yang lebih ekonomis bagi industri tahu.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Tahu

Tahu adalah salah satu makanan tradisional yang biasa dikonsumsi setiap hari oleh orang Indonesia. Proses produksi tahu menghasilkan dua jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya, limbah padat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair dibuang langsung ke lingkungan. Limbah cair pabrik tahu ini memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi. Tanpa proses penanganan dengan baik, limbah tahu menyebabkan dampak negative. Banyak pabrik tahu skala rumah tangga di Indonesia tidak memiliki proses pengolahan limbah cair sehingga menjadi masalah krusial terhadap lingkungan. Ketidakinginan pemilik pabrik tahu untuk mengolah limbah cairnya disebabkan karena tidak efisiennya proses pengolahan limbah, ditambah lagi tidak menghasilkan nilai tambah. Padahal, limbah cair pabrik tahu memiliki kandungan senyawa organik tinggi yang memiliki potensi untuk menghasilkan biogas melalui proses anaerobik. Limbah tahu mengandung protein (23,55%), lemak (5,54%), karbohidrat (26,92%), abu (17,03%), serat kasar (16,53%), dan air (10,43%). Karena kandungan gizinya yang cukup tinggi, maka limbah tersebut dapat menjadi sumber nutrisi utama bagi mikroba yang ada di sungai (Macklin 2009).

Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah cair ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari sungai. Sumber limbah cair lainnya berasal dari pencucian kedelai, pencucian peralatan proses, pencucian lantai dan pemasakan serta larutan bekas rendaman kedelai. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu kira-kira 15-20 l/kg bahan baku kedelai, sedangkan bahan pencemarnya kira-kira untuk TSS sebesar 30 kg/kg bahan baku kedelai, BOD 65 g/kg bahan baku kedelai dan COD 130 g/kg bahan baku kedelai (Macklin 2009).

Butanol

Butanol adalah suatu alkohol yang dapat digunakan sebagai aditif bensin pada pembakaran internal tanpa modifikasi mesin. Keuntungan dari butanol adalah angka oktan yang cukup tinggi yaitu 80-81 dan kandungan energinya tinggi, hanya sekitar 10% lebih rendah daripada bensin. Butanol adalah hidrokarbon rantai panjang bersifat non-polar, tidak larut dalam air dan titik nyalanya tinggi, serta mempunyai tekanan uap rendah (0,3 psi).

Produksi butanol dimulai pada tahun 1916. Pada saat itu pembuatannya menggunakan metode fermentasi ABE (aseton, butanol, and etanol) dengan bakteri *Clostridia acetobutylicum* (Shapovolav dan Ashkinazi 2008). Butanol dapat dibuat dari proses hidrogenasi dan/atau proses fermentasi. *Clostridium acetobutylicum* adalah bakteri basil Gram-positif. *Clostridium acetobutylicum* dapat ditemukan di tanah, walaupun dengan jumlah yang berbeda tiap lingkungan yang berbeda. Bakteri tersebut diklasifikasikan sebagai bakteri mesofil dengan suhu optimal 10-65°C. Bakteri dapat memetabolisme karbohidrat dan mampu menghasilkan banyak produk yang menguntungkan, seperti aseton, etanol, dan butanol (Nolling J *et al.* 2001).

Clostridium acetobutylicum membutuhkan kondisi anaerob obligat untuk tumbuh pada fase vegetatif. Pada fase aerobik, bakteri tersebut hanya dapat bertahan beberapa jam untuk membentuk endospora yang dapat bertahan selama bertahun-tahun. Endospora tersebut dapat kembali tumbuh secara vegetatif setelah kondisi anaerob kembali tercapai (Cato, George, dan Finegold 1986).

Bakteri *Clostridium acetobutylicum* diisolasi pada tahun 1912 sampai 1914, Chain Weizmann berhasil mengkulturkan bakteri tersebut untuk memproduksi aseton, etanol, dan butanol yang lebih sering dikenal dengan fermentasi ABE. Fermentasi ABE merupakan hasil proses metabolisme bakteri *Clostridium* yang menghasilkan aseton, butanol, dan juga etanol. Proses ini menghasilkan pelarut dalam rasio 3:6:1, atau 3 bagian aseton, 6 bagian butanol, dan 1 bagian etanol. Bakteri *Clostridium* mampu melakukan metabolisme heksosa (C_6H_{14}) dan pentosa (C_5H_{12}) melalui glikolisis dan jalur fosfat pentosa non-oksidatif (Soemaryanto 2012). Perbandingan sifat fisika/kimia butanol, etanol, dan bensin tipikal disajikan pada Tabel 1

Tabel 1 Sifat-Sifat Fisika/Kimia Beberapa Jenis Bahan Bakar

No	Sifat-Sifat	Bahan Bakar Tipikal		
		Etanol	Butanol	Bensin
1	Berat jenis Pada 15°C	0,794	0,814	0,720 – 0,775
2	Heating Value (Mj/l)	21,1 – 21,7	26,9 – 27,0	32,2 – 32,9
3	RON	106 – 130	98	88
4	MON	89 – 103	89	85
5	RVP, psi	31	6,4	< 7,8

METODE DAN PELAKSANAAN

Waktu dan Tempat

Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Januari-Mei 2013 di Laboratorium Biologi IPB.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik, alat-alat kaca, pH meter, tabung ulir, penangas air, autoklaf. Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu, *Clostridium acetobutylicum*, glukosa, dan media Thioglycolate

METODE DAN PELAKSANAAN

Waktu dan Tempat

Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2013 di Laboratorium Biologi IPB.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik, alat-alat kaca, tabung ulir, penangas air, laminar air flow, suntikan, dan autoklaf. Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu, *Clostridium acetobutylicum*, glukosa, media Thioglycolate, dan akuades.

METODE PEMBUATAN

Preparasi Limbah Tahu

Limbah tahu yang telah diambil dari industri tahu kemudian dilakukan pengecekan pH kemudian limbah yang berupa padatan dan cairan siap untuk difermentasi menggunakan mikroorganisme *Clostridium acetobutylicum*.

Fermentasi ABE

Bakteri dikulturasikan menggunakan media Thioglycolate selanjutnya diinkubasi selama tiga hari dan ditambahkan pada limbah tahu yang sebelumnya dipreparasi dengan cara digumpalkan protein yang terkandung dalam limbah menggunakan PAC dan dipanaskan dan selanjutnya didinginkan suhu kamar. Limbah tersebut difermentasi menggunakan bakteri *Clostridium acetobutylicum* menggunakan suntikan (skala kecil) dan diinkubasi selama tiga hari. Selanjutnya, diuji kualitatif menggunakan Larutan Fehling. Jika terbentuk endapan merah bata, maka alkohol terbentuk dari hasil fermentasi untuk selanjutnya diuji kuantitatif menggunakan Gas Chromatography.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian yang dicapai

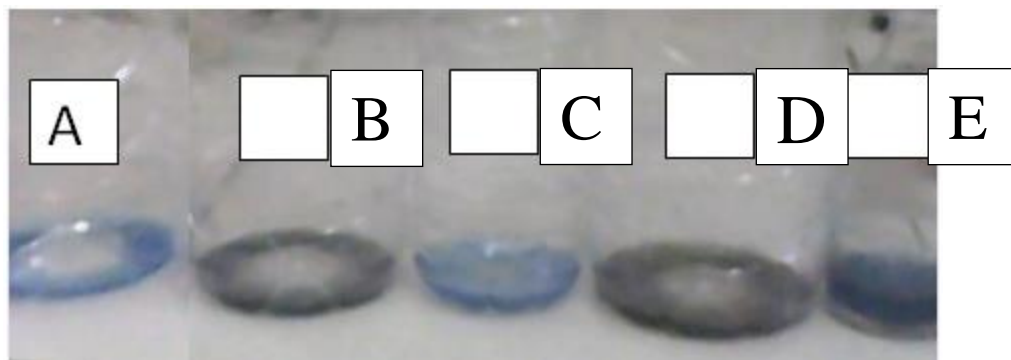
Bakteri *Clostridium acetobutylicum* diperoleh dari Pusat Studi UGM Jalan teknik utara Berek, Yogyakarta 55281 Telp 0274-0902284 Email: biotech@ugm.ac.id. Bakteri yang didapatkan kemudian dilakukan kulturisasi atau

pengembangbiakkan dan selanjutnya dilakukan fermentasi dengan menggunakan limbah tahu sebagai sumber karbohidrat. Fermentasi dilakukan pada tanggal 28 April-1 Mei 2013. Setelah dilakukan fermentasi, kemudian dilakukan pengujian secara kualitatif. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa hasil fermentasi atau fermentat tidak mengandung alkohol. Karena butanol merupakan jenis alkohol, maka dapat disimpulkan bahwa hasil fermentasi ini tidak mengandung butanol.

Kemudian dilakukan fermentasi kedua dimulai tanggal 20 juni 2013 setelah 4 hari, yaitu pada tanggal 24 juni 2013 limbah tahu diuji dengan menggunakan larutan uji fehling dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 1 Hasil fermentat limbah tahu yang ditambah glukosa



Gambar 2. A. Limbah tahu asli; B. Alkohol; C. Fermentat limbah tahu; D. Fermentat limbah tahu + glukosa; E. Fehling

Larutan uji fehling terdiri atas dua jenis, yaitu fehling A dan fehling B. Menurut literatur, bila terdapat alkohol dalam sampel, misalnya etanol atau butanol akan mengalami oksidasi menjadi asam karboksilat dan dihasilkan endapan berwarna merah bata.

Uji fehling digunakan untuk analisis secara kualitatif keberadaan alkohol dalam sampel. Yang diharapkan dalam penelitian ini adalah butanol yang dihasilkan oleh metabolisme bakteri *Clostridium acetobutylicum*. Gambar 2.B menunjukkan control, yaitu larutan alkohol jenis etanol yang ditambahkan dengan larutan uji fehling. Hasil pengamatan walau tidak teramati endapan bata merah secara jelas namun terjadi perubahan warna menjadi biru kehitaman dari warna awal biru.

Gambar 2.C menunjukkan hasil uji fermentat limbah tahu tanpa pemberian glukosa, sedangkan Gambar 2.D menunjukkan hasil uji fermentat limbah tahu

dengan pemberian glukosa. Pada Gambar 2.D hasilnya mirip dengan standar alkohol, sedangkan Gambar 2.B dan 2. walaupun warnanya tidak sepekat standar, namun warna birunya tampak lebih tua. Hal ini diduga bahwa larutan D dan E mengandung alkohol yang harus diuji lebih lanjut.

Penambahan glukosa pada limbah tahu menunjukkan warna yang hampir mirip dengan standar alkohol. Namun, pada fermentat limbah tahu tanpa glukosa, tidak ada perubahan yang terjadi dan warna yang dihasilkan sama seperti limbah tahu tanpa perlakuan fermentasi. Proses fermentasi merupakan tahapan kritis dalam memperoleh butanol sebab melibatkan bakteri obligat anaerob *Clostridium acetobutylicum*. Saat proses memasukan bakteri ke dalam limbah tahu dan proses fermentasi berlangsung tidak boleh ada oksigen. Walaupun sudah diantisipasi dengan menggunakan suntikan masih sulit untuk 100% bebas oksigen.

Hasil fermentat limbah tahu yang diberi tambahan glukosa selanjutnya akan diuji dengan alat kromatografi gas untuk memastikan adanya alkohol yang terbentuk dari proses fermentasi. Pengujian dilakukan di PT. Saraswanti Indo Genetech dengan Alamat: Jl. Rasamala No. 20 Taman Yasmin-Bogor Jawa Barat dengan hasil bahwa hasil fermentasi tidak mengandung butanol. Kami akan melakukan perbaikan metode dengan melakukan fermentasi di LIPI yang kemudian nantinya akan dilakukan pengujian kembali menggunakan alat kromatografi gas. Setelah pengujian dengan alat gas kromatografi, hasil fermentat limbah tahu akan didestilasi untuk menurnikan butanol. Butanol yang telah dimurnikan diperiksa kembali dengan kromatografi gas untuk menentukan konsentrasinya dan siap di-*blending* dengan bensin (premium dan pertamax).

B. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan hingga saat ini, limbah tahu yang digunakan merupakan limbah tahu cair. Pada preparasi bakteri, media yang digunakan, yaitu Thioglycolate. Bakteri *Clostridium acetobutylicum* ini merupakan bakteri yang bersifat anaerobik obligat, yaitu ketika terkena udara dengan kadar yang sangat rendah, maka bakteri tersebut akan mati. Pada proses kulturisasi dilakukan pada Laminar air flow, yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengembangkan bakteri. Tetapi, seharusnya laminar air flow yang digunakan ialah laminar air flow khusus untuk bakteri anaerobik obligat yang dilengkapi dengan vakum sehingga meminimalisir masuknya udara ke dalam tabung untuk fermentasi. Pada kenyataannya, alat tersebut tidak ada di laboratorium biologi IPB dan sulit ditemui di luar IPB. Alat tersebut terdeteksi ada di laboratorium biologi UGM dan sangat tidak memungkinkan untuk bekerja di sana. Bakteri ini pun sangat sulit ditemui di Indonesia dan setelah melakukan pencarian yang cukup lama, ternyata bakteri ini ada di laboratorium biologi UGM.

Pengerjaan kulturisasi tetap dilakukan pada alat laminar air flow yang ada di laboratorium biologi IPB. Setelah diinkubasi selama dua hari, didapat bakteri ini tumbuh pada media. Selanjutnya, kami lakukan fermentasi. Teknik fermentasi pun harus dijaga agar udara tidak masuk pada fermentat sehingga dibantu oleh seorang teknisi yang dapat membuat alat khusus fermentasi menggunakan bakteri anaerobik obligat ini dengan adanya saluran khusus yang disambungkan ke vakum. Alat tersebut setelah diuji coba ternyata tidak dapat disambungkan ke vakum sehingga kami tidak dapat melakukan fermentasi menggunakan alat tersebut.

Fermentasi dilakukan dengan skala kecil-kecilan menggunakan suntikan berukuran 200 ml sebanyak tiga buah. Selanjutnya, limbah tahu sebelum dilakukan fermentasi, disaring terlebih dahulu dan dipanaskan untuk melepaskan air. Setelah dilakukan pemanasan, selanjutnya dilakukan fermentasi. Fermentat didiamkan selama tiga hari dan selanjutnya diuji secara kualitatif menggunakan pereaksi Fehling. Kemudian didapatkan hasil bahwa negatif alkohol. Kami pun berkesimpulan bahwa hasil fermentasi ini tidak mengandung butanol.

Selanjutnya, kami memperbaiki metode kulturisasi dan fermentasi. Kulturisasi sebisa mungkin dilakukan dengan kondisi udara yang vakum. Kami akan melaksanakan fermentasi dengan volume limbah tahu yang lebih banyak sehingga diharapkan kami mendapatkan butanol setelah dilakukan pengujian.

C. Hasil pelaksanaan

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan uji kualitatif dengan larutan fehling pada fermentasi ke-1 tanggal 28 April - 1 Mei 2013 diperoleh hasil fermentasi tidak mengandung alkohol karena warna fermentat berbeda dengan warna standar. Pada fermentasi ke-2 tanggal 20 Juni – Juli 2013 salah satu fermentat yang ditambah nutrisi glukosa menghasilkan warna yang mirip dengan standar sehingga diduga terdapat alkohol. Sampai saat ini pelaksanaan yang telah dilakukan sebanyak 50%.

PEGGUNAAN BIAYA

Rincian biaya yang telah digunakan adalah sebagai berikut.

Pemasukan

1.	Dana Talangan IPB I	Rp 3.000.000,00
2.	Dana Talangan IPB II	Rp 2.000.000,00
3.	Dana Talangan IPB III	Rp 2.000.000,00
Total Pemasukan		Rp 7.000.000,00

Pengeluaran

NO	Jenis Pengeluaran	Harga
1	Pembelian Logbook	Rp 11.000
2	Transportasi ke Balitvet	Rp 42.300
3	Pembelian Bakteri <i>Clostridiumacetobutylicum</i> @300000	Rp 600.000
4	Alat pelindung diri; masker @1000 sarung tangan @1500	Rp 11.500
5	Transportasi ke Laboratorium terpadu	Rp 65.000
6	Amplop @200	Rp 1.000
7	Pembuatan reaktor fermentasi dengan volum 8 liter	Rp 600.000
8	Penggunaan Laboratorium Biologi untuk penanaman kultur (inokulasi)	Rp 200.000
9	Pembelian peralatan tambahan untuk fermentasi (toples, panci, dan pengaduk)	Rp 121.000
10	Print proposal PKM	Rp 6.000
11	Pembelian PAC dan transportasi ke toko kimia	Rp 27.000
12	Pembelian Fehling	Rp 14.000
13	Pembelian Infus dan suntikan	Rp 80.000
14	Pengambilan limbah tahu dan transportasi	Rp 40.000

15	Pembuatan poster	Rp	50.000
16	Print laporan kemajuan	Rp	5.000
17	Print dan fotokopi proposal	Rp	6.000
18	Panci	Rp	50.000
19	Selang infus	Rp	32.000
20	Alkohol 70%	Rp	13.500
21	Pembelian fehling dan transportasi ke toko kimia	Rp	13.000
22	Transportasi ke pabrik tahu	Rp	36.000
23	Pembelian 5 buah suntikan	Rp	53.300
24	Pembelian 2 tube bakteri	Rp	600.000
25	Penggunaan Laboratorium Biologi untuk penanaman kultur (inokulasi)	Rp	300.000
26	Pembelian panci	Rp	50.000
27	Transportasi	Rp	2.500
28	Print laporan kemajuan	Rp	50.000
29	Transportasi	Rp	156.000
30	ATK	Rp	30.000
31	Jasa analisis	Rp	770.000
32	Transportasi Monitoring Dikti	Rp	200.000
33	Transportasi Ke LIPI	Rp	100.000
	Jumlah	Rp	4.336.100
	Saldo	Rp	2.663.900

SIMPULAN

Kebutuhan nasional untuk bahan baku nabati sedikitnya 18 miliar liter per tahun. Akan tetapi, keterbatasan bahan baku menjadi kendala utama karena harus berbagi dengan berbagai industri lain, misalnya industri pembuatan etanol. Di Indonesia, etanol digunakan tidak hanya untuk biofuel, tetapi digunakan pula untuk alkohol dan industri lain, seperti rokok dan plastik. Biofuel lain, seperti butanol biasanya dibuat dari bahan-bahan pangan, seperti jagung, biji-bijian, dan gandum. Bahan-bahan ini pun dibutuhkan manusia sebagai pangan fungsional sehingga dibutuhkan lahan yang besar untuk menanam bahan-bahan tersebut agar dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar dan pangan. Hal ini memunculkan gagasan untuk membuat biofuel dengan bahan baku yang berasal dari limbah industri yang masih mengandung karbohidrat cukup tinggi. Proses konversi dilakukan dengan memfermentasi karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme, misalnya *Clostridium acetobutylicum* sehingga dihasilkan jenis alkohol berkarbon empat, yaitu butanol.

Konversi limbah tahu menjadi biobutanol melalui proses fermentasi. Pada penelitian kali ini, fermentasi dilakukan sebanyak dua kali. Dari hasil penelitian ini kemudian diduga fermentat mengandung alkohol yang diuji secara kualitatif. Uji kualitatif ini membuktikan adanya gugus alkohol secara umum bukan secara khusus menghasilkan butanol sehingga perlu adanya pengujian lebih lanjut untuk mengetahui berapa kuantitas butanol yang dihasilkan dengan cara destilasi atau pemisahan butanol dari fermentat dan kemudian diuji dengan menggunakan alat *Gas Chromatography*. Hasil pengujian membuktikan bahwa fermentat tidak mengandung butanol.

SARAN

Fermentasi ABE telah dilakukan sebanyak dua kali dan diduga mengandung alkohol, tetapi tidak spesifik mengandung butanol karena uji kualitatif yang dilakukan merupakan uji alkohol secara umum. Kendala dari terbentuknya alkohol oleh bakteri ini ialah kondisi fermentasi yang harus anaerobik. Kondisi ini sangat sulit didapatkan karena keterbatasan alat. Sifat bakteri itu sendiri, yaitu anaerobik obligat menyebabkan pengerjaan fermentasi harus benar-benar vakum dan kondisi ini pun sulit didapatkan. Perlu dibuat suatu alat yang menjaga proses fermentasi tidak terkontaminasi oleh udara di lingkungan sehingga butanol yang dihasilkan maksimal. Selain itu, bahan baku yang digunakan pun harus dipastikan mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sehingga bakteri pun banyak menghasilkan butanol.

DAFTAR PUSTAKA

- [Technology Indonesia]. 2010. Biogas dari Limbah Tahu. [Terhubung berkala] <http://www.technology-indonesia.com/energi/bahan-bakar/120-biogas-dari-limbah-tahu>.
- Cato, EP, WL George, dan SM Finegold. 1986. Genus *Clostridium*, pp. 1141-1200. In: PHASneath *et al*(eds), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol2 : Williams and Wilkins, Baltimore
- Ennis BM dan IS Maddox. 1987. The effect of pH and lactose concentration on solvent production from whey permeate using *Clostridium acetobutylicum*. *Biotechnology and bioengineering* John Wiley and Sans Inc. 29: 329-334
- Handayani, Sri Utami. 2001. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar pengganti bensin. Program Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kanchanatawe S, IS Maddox, dan SMR Bhamidimarri. 1992. Nutrient requirement for aseton-butanol-etanol production using *Clostridium acetobutylicum* in a packed bed reactor. *Proc 10th Aust. Biotechnol Conferences*
- Macklin B. 2009. Limbah tahu menjadi biogas. [Terhubung berkala] <http://onlinebuku.com/2009/01/15/limbah-tahu-cair-menjadi-biogas/>. mineral dan sintesis. *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi* 1: 33-46
- Muchammad. 2010. Analisa energi campuran bioetanol premium. Dalam: *Jurnal Rotasi*. 12: 1-33
- Nolling J *et al*. 2001. Genome sequence and comparative analysis of the solvent-producing bacterium *Clostridium acetobutylicum*. *J Bacteriol* 183(16):4823-38
- Prasetyo D dan Patriayudha F. 2009. Pemakaian gasohol sebagai bahan bakar padakendaraan bermotor. Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia Undip

Semar D dan Emi Y. 2011. Meramu bensin ramah lingkungan dengan pemanfaatan butanol. Lembaran Publikasi LEMIGAS. 45: 1-10

Setiyawan A. 2007. Pengaruh *ignition timing* dan *compression ratio* terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang motor bensin berbahan bakar campuran etanol 85% dan premium 15% (E-85). *Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) Yogyakarta, 24 November 2007*

Shapovalov, OI dan LA Ashkinazi. 2008. Biobutanol: Biofuel of Second Generation. *Russian Journal of Applied Chemistry*. Vol. 81 : 2232

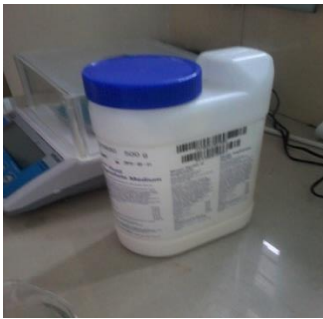
Soemaryanto A.. 2012. Produksi biobutanol. [Terhubung berkala] <http://www.scribd.com/doc/106094962/Produksi-Biobutanol>.

Sukaraharja R, Dimitri R, Cahyo, SW, Hery W. 2010. Cara hemat penggunaan BBM pada kendaraan bermotor. Lembar Publikasi LEMIGAS. 45: 1-12

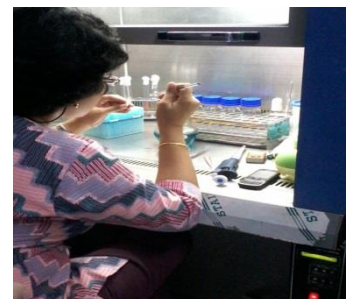
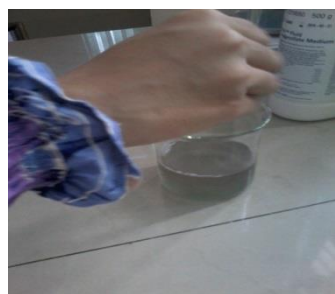
Suparno. 1995. Kajian pemisahan campuran aseton-butanol-etanol hasil fermentasi dengan distilasi bertingkat. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

LAMPIRAN

Berikut adalah dokumentasi kegiatan selama penelitian



Gambar 1 Media Thioglycolate Gambar 2 Alat sterilisasi Gambar 3 Penimbangan media



Gambar 4 Pelarutan media Gambar 5 Pembuatan media Gambar 6 Kulturasasi bakteri

Nama :
 Tanggal diteliti :
 Nama obyek : *Enam ratus ribu rupiah*
 Jenis sampel :
clostridium acetobutylicum . 2. ampul
 Jumlah : 600.000,-
 19 Maret 2017
 100%
 100%

[illegible]

APOTIK SALAK
Rumah Sakit Salak - Bogor

Nota : 0000064768-Tgl: 26/04/2013 APRILIA

1. GIVING SET
2 x 15,972 = 31,944

TOTAL : 31,944

26/04/2013 Jam : 10:02:16

[illegible][illegible][illegible]

[illegible]