

KONVERSI LIMBAH RUMAH TANGGA MENJADI BIOFUEL SECARA SIMULTAN MELALUI REKAYASA REDUKSI UKURAN BAHAN DAN KOMBINASI ENZIM

SIMULTANEOUS CONVERSION OF HOUSEHOLD WASTAGES INTO BIOFUEL THROUGH REDUCTION OF MATERIAL SIZE ENGINEERING AND ENZYME COMBINATION

E.R. Zain^{1a}, R.W. Ashadi¹, M. Ikbal²

¹Jurusan Manajemen Industri Agro, Fakultas Agribisnis dan Teknologi Pangan Universitas Djuanda, Jl. Tol Ciawi No. 1, Kotak Pos 35 Bogor 16770.

²Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Kementerian Riset dan Teknologi

^aKorespondensi: Endrianur Rahman Zain, E-mail: endrianur.rahman.zein@unida.ac.id

(Diterima oleh Dewan Redaksi: 03-05-2011)

(Disetujui oleh Dewan Redaksi: 17-08-2011)

ABSTRACT

In recent year, Indonesia faced on wastages and energy crises. Therefore, this study aimed at utilizing household wastages to produce biofuel (bioethanol and biogas) as renewable energy simultaneously through reducing material size engineering and enzyme combination. The process consisted of reserving fresh wastages, reducing particle size of organic wastages, saccharifying with glucoamylase and crude enzymes resulted from *Aspergillus niger*. Then, the process continued with anaerobic treatment on saccharifying the residue contained no alcohol. Spreading lactic acid bacteria onto organic wastages was accomplished in order for maintaining wastage freshness along a given time period in such a way that the effect of time period on biofuel production could be revealed. It was expected that by maintaining wastage freshness could eliminate reduction of sugar contained in organic wastages. Next step was reducing process of the particle size of the organic wastages to reveal its size reduction on biofuel production. Ethanol fermentation process was applied by with glucoamylase and crude enzymes resulted from *Aspergillus Niger* and followed by distillation process to produce ethanol. Liquid wastages of the distillation process was used to fermenting biogas with anaerobic bacteria in such a way that produced biogas that could be used as biofuel. Meanwhile, the wastages could be used as compost.

Key words: biofuel, bioethanol, biogas, compost, household organic wastages

ABSTRAK

Permasalahan yang dihadapi Indonesia saat ini adalah krisis energi dan sampah. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan memanfaatkan sampah rumah tangga untuk menghasilkan biofuel (bioetanol dan biogas) yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan secara simultan melalui rekayasa reduksi ukuran bahan dan kombinasi enzim. Prosesnya terdiri dari mengawetkan kesegaran sampah, mereduksi ukuran sampah organik, sakarifikasi dengan menggunakan enzim glukoamilase dan *crude* enzim yang didapat dari *Aspergillus niger*. Setelah itu dilanjutkan dengan perlakuan anaerobik pada residu sakarifikasi dan endapan yang tidak mengandung alkohol. Penyebaran bakteri asam laktat pada sampah organik dilakukan untuk menjaga kesegaran sampah selama kurun waktu yang bervariasi sehingga terlihat pengaruh waktu penyimpanan dengan biofuel yang dihasilkan. Diharapkan dengan menjaga kesegaran sampah organik ini, kadar gula yang ada pada sampah organik tidak terlalu berkurang. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses reduksi ukuran untuk mengetahui pengaruh reduksi ukuran terhadap biofuel yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan dengan fermentasi etanol menggunakan enzim glukoamilase dan *crude* enzim dari *Aspergillus niger* yang kemudian didistilasi untuk mendapatkan etanol. Limbah air dari proses distilasi ini kemudian digunakan untuk proses fermentasi biogas dengan menggunakan bakteri anaerobik sehingga menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan limbahnya dapat digunakan sebagai kompos.

Kata kunci: bahan bakar organik, bioetanol, biogas, kompos, sampah organik rumah tangga

E.R. Zain *et al.* 2011. Konversi limbah rumah tangga menjadi biofuel secara simultan melalui rekayasa reduksi ukuran bahan dan kombinasi enzim. *Jurnal Pertanian* 2(2): 110 – 116.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan permasalahan besar yang dihadapi oleh Indonesia. Jumlah sampah organik terus bertambah. Diperkirakan, setiap orang menghasilkan sampah organik sekitar setengah kilogram per hari. Jika penduduk Indonesia 220 juta orang, produksi sampah organik mencapai 110.000 ton atau 40,150 juta ton per tahun (Sofian, 2006).

Pemanfaatan sampah menjadi bioetanol di Indonesia merupakan hal yang cukup menarik mengingat permintaan bioetanol sangat tinggi karena kebutuhan bensin nasional saja mencapai 17,5- miliar per tahun, 30% dari total kebutuhan itu adalah impor. Dalam Peraturan Pemerintah No 5/2006 dalam kurun 2007-2010, pemerintah menargetkan mengganti 1,48-miliar liter bensin dengan bioetanol lantaran kian menipisnya cadangan minyak bumi. Persentase itu bakal meningkat menjadi 10% pada 2011-2015, dan 15% pada 2016-2025. Pada kurun pertama 2007-2010 selama 3 tahun pemerintah memerlukan rata-rata 30.833.000 liter bioetanol per bulan. Dari total kebutuhan itu cuma 137.000 liter bioetanol setiap bulan yang terpenuhi atau 0,4%. Itu berarti setiap bulan pemerintah kekurangan pasokan 30.696.000 liter bioetanol untuk bahan bakar.

Pemanfaatan limbah menjadi etanol pada dasarnya adalah memanfaatkan sisa-sisa sumber karbohidrat yang terdapat pada limbah tersebut untuk diubah menjadi etanol secara fermentasi aerobik. Selanjutnya sisa sumber karbohidrat yang belum dapat dimanfaatkan menjadi etanol diolah kembali melalui fermentasi anaerobik menjadi gas metan (biogas). Pemanfaatan secara simultan limbah rumah tangga menjadi etanol dan biogas dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar selain mengurangi beban pembuangan limbah rumah tangga yang menjadi masalah utama di kota-kota besar di Indonesia.

Sampai saat ini, masih minim penelitian yang berfokus pada bahan alternatif dari sampah organik untuk menghasilkan biofuel (bioetanol dan biogas) dengan cara simultan. Sampah organik saat ini baru dimanfaatkan

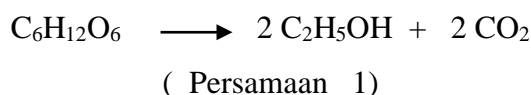
menjadi pupuk kompos maupun pupuk cair. Walaupun, potensi pemanfaatan sampah organik menjadi biofuel cukup besar. Pemanfaatan limbah rumah tangga menjadi bioethanol dan biogas secara simultan hingga saat ini masih sedikit dilakukan di luar negeri (Jepang), sedangkan di Indonesia sendiri belum ada yang telah melakukan penelitian tersebut. Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam mengatasi permasalahan sampah di kota-kota, dengan mendaur ulangnya menjadi sumber biofuel ethanol dan biogas dari sumber bahan baku yang sama sehingga makin sedikit limbah yang benar-benar dibuang.

Untuk dapat menghasilkan biofuel (bioetanol dan biogas) dari limbah rumah tangga dibutuhkan bantuan mikroorganisme dalam mendegradasi kandungan gula yang ada pada sampah organik menjadi bioetanol dan anaerobik bakteri guna menghasilkan gas biogas. Mikroorganisme yang dibutuhkan untuk menghasilkan bioetanol adalah bakteri penghasil enzim glukamilase. Enzim glukamilase merupakan enzim yang dapat memecah polisakarida (pati, glikogen, dan lain-lain) pada ikatan α -1,4 dan α -1,6 dan menghasilkan glukosa (Darwis dan Sukara, 1990).

Penggunaan mikroba sebagai penghasil enzim memiliki beberapa keuntungan, yaitu diantaranya biaya produksi relatif murah, dapat diproduksi dalam waktu singkat sesuai permintaan, mempunyai kecepatan tumbuh serta mudah dikontrol (Fogarty and Westhoff, 1988).

Glukoamilase (amiloglukosidase) telah diisolasi dari *Aspergillus oryzae* dan *Sacharomycopsis fibuligera* (Futatsugi *et al.*, 1993). Enzim glukamilase merupakan enzim yang dapat memecah polisakarida (pati, glikogen, dan lain-lain) pada ikatan -1,4 dan -1,6 dan menghasilkan glukosa. Glukosa yang dihasilkan dapat diukur dengan cara penentuan gula pereduksi dengan metode *Somogy-Nelson* (Darwis dan Sukara, 1990). Penggunaan enzim glukamilase sebagai katalisator reaksi-reaksi biologi dalam bidang pangan dan nonpangan telah memberikan manfaat dan keuntungan bagi manusia.

Proses produksi bioetanol dari tanaman mengandung gula, terlebih dahulu dilakukan pemisahan gula dari bagian tanaman, misalnya pada tebu melalui penghancuran, perendaman, dan penanganan secara kimia. Selanjutnya gula difermentasi menjadi alkohol menggunakan ragi dan mikroba lainnya seperti *Saccharomyces sp* atau bakteri *Zymomonas mobilis*. Pada proses tersebut ragi akan mengkonversi gula menjadi etanol dan karbondioksida (Persamaan 1).



Tahap akhir yaitu distilasi etanol ke konsentrasi yang diinginkan dan biasanya pemisahan seluruh kandungan air untuk menghasilkan etanol anhydrous agar dapat dicampur dengan bensin.

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Pada umumnya, semua jenis bahan organik yang diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik yang padat dan cair homogen, seperti kotoran urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Diperkirakan ada tiga jenis bahan baku yang prospektif untuk dikembangkan sebagai bahan baku biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair.

Penelitian mengenai produksi etanol dengan memanfaatkan limbah masih minim di Indonesia. Tang *et al.* (2008), telah meneliti produksi etanol dari limbah dapur menggunakan flokulasi jamur *Saccharomyces cerevisiae* strain KF-7. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan 1 kg limbah dapur dapat menghasilkan 30,9 gr etanol dan 65,21 biogas dengan 50% biogas. Sedangkan kandungan gula pada 1 kg limbah dapur mencapai 118 gr total gula. Tang *et al.* (2006), juga meneliti produksi etanol dari hidrolisa asam pada biomasa kayu menggunakan flokulasi jamur *Saccharomyces cerevisiae* strain KF-7. Selain itu, ada juga penelitian lain mengenai pemanfaatan sampah organik domestik untuk menghasilkan acetone, butanol dan etanol dengan menggunakan *Clostridia* (Pieternel *et al.* 2000). Wen *et al.* (2009), menggunakan teknologi superkritikal cairan untuk produksi biofuel bersih. Teknologi yang digunakan dalam

penelitian ini tergolong baru dan memakan biaya yang cukup besar, khususnya dalam menggunakan temperatur tinggi (200°C-400°C) dan tekanan tinggi (200 bar). Selain itu, peralatannya pun belum ada di Indonesia. Akan tetapi, hasil dari penelitian ini telah diterapkan oleh perusahaan Denmark (SCF Technologies) untuk menghasilkan biofuel dari biomass sampah organik.

MATERI DAN METODE

Sortasi

Bahan baku limbah industri rumah tangga berasal dari perumahan yang ada disekitar wilayah Universitas Djuanda. Sortasi dilakukan untuk memisahkan antara limbah organik dengan non organik serta menyeragamkan ukuran yang diperlukan untuk proses selanjutnya.

Fermentasi bakteri asam laktat

Fermentasi bakteri asam laktat dilakukan untuk mengurangi bau tak sedap yang dihasilkan limbah organik serta membantu proses degradasi tahap awal bahan kompleks.

Reduksi ukuran

Reduksi atau pengecilan ukuran dilakukan agar penetrasi dari enzim glukamilase (Tang *et al.*, 2008) atau crude enzim *Aspergillus niger* dapat lebih baik. Reduksi ukuran dilakukan dengan menggunakan blender dan ballmills lalu disaring dengan penyaring sebesar 100-200 mesh. Untuk mengetahui adanya perbedaan hasil dari reduksi ukuran ini, maka hasil reduksi ukuran dibagi 3, yaitu : reduksi ukuran hasil blender, reduksi ukuran hasil blender yang telah disaring dengan penyaring 100 mesh dan reduksi ukuran dengan menggunakan *ballmills* yang disaring dengan penyaring 200 mesh.

Sakarifikasi

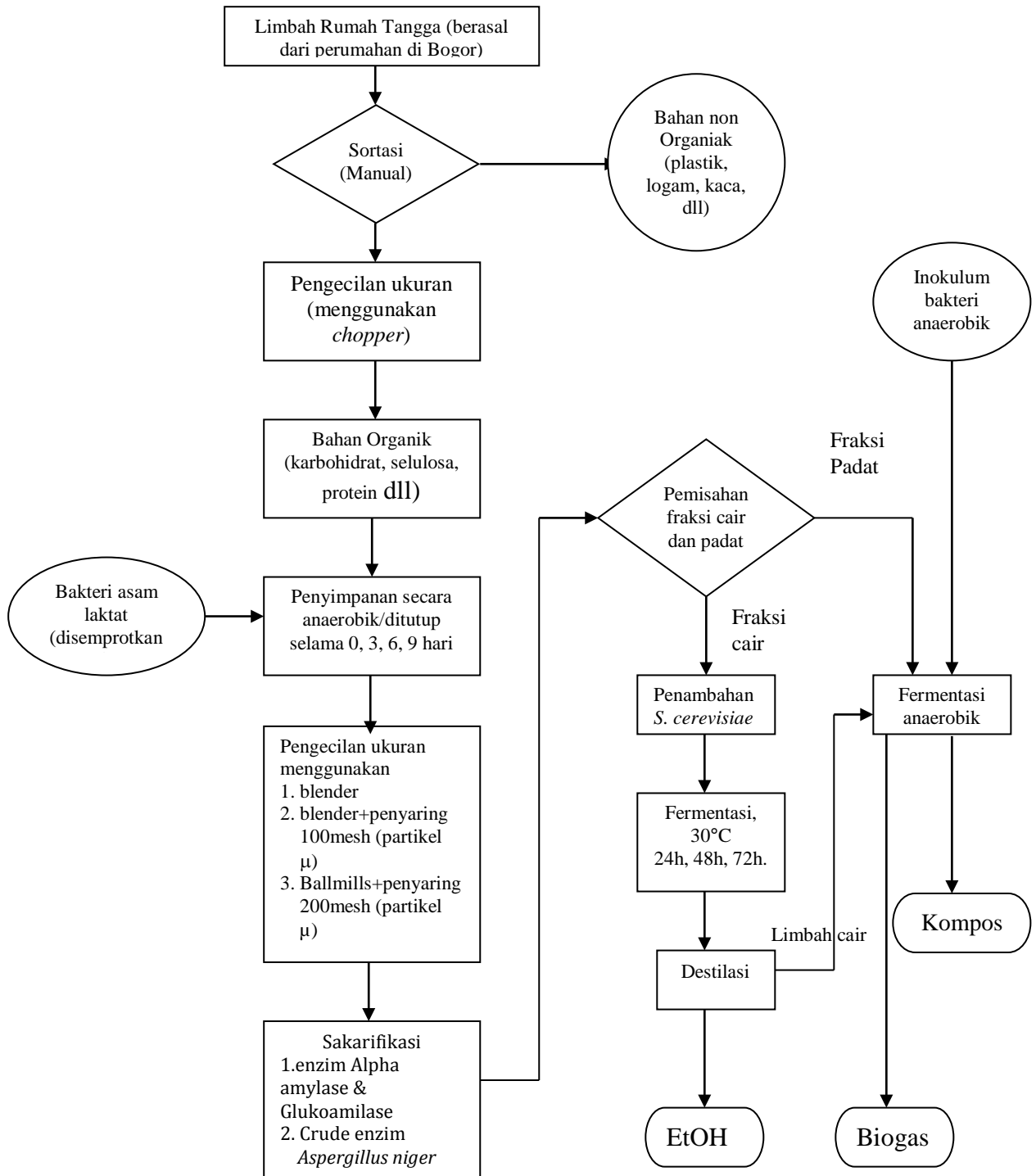
Sakarifikasi dilakukan dengan membandingkan efektivitas dua metode. Metode pertama menggunakan enzim alpha amilase dan glukamilase (Tang *et al.* 2008) pada suhu 60°C selama 2 jam pada *rotary shaker*. Metode kedua menggunakan ekstrak enzim kasar (crude enzyme) dari *Aspergillus niger* (hasil penelitian belum dipublikasikan yang

menunjukkan kemampuan mendegradasi pati menjadi gula sederhana) pada temperatur 30°C selama 24 jam.

(starter telah dipersiapkan pada medium YPD) pada medium hasil sakarifikasi yang telah disterilisasi. Inkubasi dilakukan selama 24 jam pada suhu 30°C. Hasil fermentasi tersebut kemudian dilanjutkan dengan destilasi

Produksi etanol

Produksi etanol dilaksanakan dengan menginokulasikan *Saccharomyces cerevisie*



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan bioetanol dan biogas dari limbah rumah tangga

Produksi biogas

Limbah cair dari produksi etanol dicampur dengan fraksi padat dari pemisahan proses sakarifikasi dan selanjutnya diumpankan pada alat digester atau fermentor anaerobik dengan penambahan senyawa Ni, Co dan Fe dengan konsentrasi 4,57; 4,57 dan 61,11 mg/liter (Tang *et al.* 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan penelitian utama, terlebih dahulu dilakukan penelitian pendahuluan, yang bertujuan untuk menentukan pengaruh penyimpanan limbah organik rumah makan terhadap kadar gula yang terkandung di dalamnya. Bakteri asam laktat yang digunakan adalah bakteri komersial yang dijual dengan merek dagang MAB. Dari penelitian pendahuluan tersebut diketahui bahwa penyimpanan limbah organik rumah makan dengan disemprotkan bakteri asam laktat ternyata dapat mempertahankan kesegaran limbah organik rumah makan sampai 7 hari setelah itu baru menimbulkan bau yang tak sedap, akan tetapi kandungan gula yang terdapat di dalamnya berkurang seiring dengan berjalannya waktu. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan limbah organik rumah makan segar tanpa adanya penyimpanan yang disemprotkan bakteri asam laktat.



Gambar 2. Perlakuan menggunakan EM4

A = tanpa perlakuan, hasil lebih bau dari B dan C, banyak serabut putih (jamur), berair; B = tambah EM4, hasil bau tapi masih bau sampah segar, banyak air, banyak serabut putih; C = di-blend, hasil berair, jamur atau serabut putih sedikit sekali

Komposisi sampah berdasarkan tingkat pendapatan masyarakat dapat dilihat pada Tabel 1 sedangkan kandungan sampah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Limbah organik rumah makan sebanyak 5 kg ditambahkan air dengan perbandingan 1 : 1, lalu diblender. Hasil dari reduksi ukuran ini dinamakan sebagai sampel A. Untuk mendapatkan ukuran 100 mesh, diperlukan

proses *blending* beberapa kali sekitar lebih dari 3 jam.

Tabel 1 Komposisi sampah berdasarkan tingkat pendapatan masyarakat

Jenis	Tingkat Pendapatan			Rata-rata
	Tinggi	Sedang	Rendah	
Organik	28	58	41	42.3
Anorganik:				
Kertas	36	15	5	18.7
Plastik	9	11	4	8.0
Kaca	7	2	2	3.7
Logam	8	3	1	4.0
Lain-lain	12	11	7	23.3

Untuk mendapatkan ukuran 200 mesh, memerlukan cara yang berbeda karena tidak dapat dilakukan dengan blender walaupun waktu proses *blending* diperlama sampai lebih dari 6 jam. Oleh karena itu, proses reduksi dilakukan dengan cara menggunakan *ballmills*. Limbah organik rumah makan dikeringkan, lalu dimasukkan ke dalam *ballmills* selama 6. Setelah itu, hasil limbah yang telah dimasukkan di *ballmills* disaring menggunakan saringan 200 mesh.

Tabel 2 Komposisi sampah rumah tangga

No.	Jenis Uji	Unit	Hasil
1	Kadar air	g/100g	81.52
2	Kadar abu	g/100g	1.00
3	Kadar Lemak	g/100g	1.52
4	Kadar Protein	g/100g	2.85
5	Kadar Karbohidrat	g/100g	13.11
6	Serat Kasar	g/100g	2.39
7	Gula Pereduksi	g/100g	3.06

Pembuatan Starter

Secara fisik setelah tiga hari difermentasi substrat berubah menjadi seperti bubur yang cair dengan warna kehitaman. Ashadi (1996) menggunakan media *wheat bran* untuk memproduksi enzim cellulase tetapi karena kesulitan dalam mendapatkannya maka digunakan cookeroat sebagai media penghasil enzim selulase.

Produksi Bioetanol dari Limbah Organik Rumah Makan

Enzim α -amilase bekerja menghidrolisis ikatan α -1,4-D glukosidik pada rantai bagian dalam molekul amilosa, amilopektin dan

glikogen. Pemutusan rantai polimer amilosa oleh enzim α -amilase berlangsung dalam dua tahap, yaitu : (1) terjadi sangat cepat, dan (2) pembentukan glukosa dari maltosa secara lambat (Forgaty, 1983). Pada molekul amilopektin, enzim α -amilase bekerja memotong ikatan α -1,4-D glukosidik dan menghasilkan glukosa, maltosa dan α -limit dextrin. Enzim α -amilase tidak dapat memotong α -1,6 pada rantai polimer amilopektin (Forgaty, 1983)

Hidrolisis pati secara enzimatik terdiri dari dua tahap, yaitu tahap likuifikasi dan tahap sakarifikasi. Pada proses likuifikasi, enzim α -amilase, mendegradasi pati menjadi dextrin. Likuifikasi merupakan pencairan gel pati menggunakan α -amilase, untuk menghidrolisis pati menjadi monosakarida, dan disakarida. Pada tahap ini suhu dinaikkan 90°C untuk membantu proses pemecahan hidrolisis pati. Tahap selanjutnya yaitu sakarifikasi merupakan proses hidrolisis lebih lanjut atau peragian bubur pati dengan penambahan enzim glukamilase (AMG). Penambahan glukamilase akan mengkonversi oligosakarda lebih lanjut menjadi sirup glukosa (Forgaty, 1983).

Substrat utama fermentasi adalah glukosa yang terkandung di dalam limbah organik rumah makan yang dihasilkan dari hidrolisis enzim. Menurut Norman *di dalam* Birch *et al.* (1981), hidrolisis enzim memiliki beberapa keuntungan, yaitu lebih spesifik dan produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu kondisi proses dapat dikontrol, biaya pemurnian murah, dan menghasilkan sedikit produk samping serta kerusakan warna dapat diminimalkan.

Tabel 3 Aktivitas enzim yang dihasilkan oleh *Aspergillus Niger*

Medium	Selulase	Amilase	Silanase	β -glukosidase
Unit/ml.....			
Padat	0.200	220.385	6.648	4.859
Cair	0.006		0.125	0.008

Dalam penelitian ini enzim yang digunakan adalah enzim yang berasal dari cendawan *Aspergillus niger*. Cendawan *Aspergillus sp* akan menghasilkan enzim α -amilase dan glukamilase yang akan berperan mengurai

pati menjadi glukosa atau gula sederhana serta enzim selulase. Tabel 3 memuat data aktivitas dari *Aspergillus niger* hasil penelitian Ashadi (1996).

Sampel dipanaskan pada wadah yang kemudian dipanaskan dengan suhu 50-55°C dengan pH 4,5 - 5,0. Setelah suhu tercapai lalu ditambahkan α -amilase sebanyak 5 ml, kemudian diaduk pada suhu dikisaran 50-55 °C selama 2-3 jam. Proses ini dinamakan likuifikasi. Setelah itu baru dilanjutkan dengan proses sakarifikasi dengan penambahan glukamilase dgn pH 4,5 - 5,0, lalu dipanaskan dengan suhu 50-55 °C selama 2-3 jam. Sampel tersebut kemudian dinamakan sampel A, B dan C. Kadar gula yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Gula yang dihasilkan kemudian difermentasikan secara anaerob fakultatif dengan menginokulasikan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 0,2 % dari kadar gula larutan fermentasi dan dilanjutkan dengan fermentasi dengan suhu 27 - 32 °C dengan pH 5,0 - 5,5 selama 3 hari.

Tabel 4. Kadar gula yang dihasilkan

Ulangan	Sampel		
	A	B	C
1	12.8 %	13.8 %	14.5 %
2	13.1 %	13.8 %	14.5 %

Setelah difermentasi, sampel kemudian dilakukan pemisahan antara cairan dan padatan. Sebelum padatan dimasukkan ke dalam digester untuk proses fermentasi menjadi biogas, dilakukan analisis terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi yang terdapat di dalamnya. Sedangkan cairannya dilanjutkan dengan destilasi pada suhu 75-80°C selama 3-5 jam untuk mendapatkan bioetanol (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan etanol hasil fermentasi

Ulangan	Sampel		
	A	B	C
1	1.54 %	1.68 %	1.68 %
2	1.61 %	1.68 %	1.68 %

Produksi Biogas

Limbah padat hasil sortasi serta hasil fermentasi kemudian diinkubasikan pada alat digester mini berkapasitas 5 liter dengan

perlakuan tanpa penambahan apapun dan dengan penambahan EM4. Hasil yang ditunjukkan ternyata setelah 1 bulan inkubasi peningkatan gas yang ditunjukkan oleh manometer menunjukkan peningkatan walaupun tidak besar. Lama waktu inkubasi serta starter biogas kemungkinan dibutuhkan dalam fermentasi anaerobik agar proses degradasi dapat dilakukan lebih cepat.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

Pemanfaatan sampah organik sebagai sumber bioenergi secara simultan memiliki prospek cerah karena produk akhir yang dihasilkan sudah terdegradasi dengan baik sehingga pemanfaatannya untuk pupuk organik menjadi lebih sempurna. Produk bioetanol yang dihasilkan dalam hal ini konsentrasinya masih rendah, hal tersebut diakibatkan oleh belum optimalnya konsentrasi enzim yang digunakan serta waktu inkubasi, oleh karena itu saat ini penelitian tetap dilanjutkan untuk mendapatkan waktu yang tepat dalam mendegradasi limbah tersebut.

Penggunaan EM4 dalam memperlakukan sampah dapat membantu mengurangi bau yang dihasilkan dari sampah tersebut. Akan tetapi EM4 tidak terbukti mempercepat proses degradasi dari limbah sampah untuk biogas karena umumnya terdiri dari bakteri asam laktat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alico DH. 1982. Alcohol Fuels: Policies, Production and Potential. West view Press (Boulder), Colorado. 1-19; 37-80.
- Azmi J. 2006. Penentuan Kondisi Optimum Fermentasi *Aspergillus oryzae* Untuk Isolasi Enzim Amilase Pada Medium Biji Nangka (*Arthocarpus heterophilus* Lmk).
- Laboratorium Kimia Jurusan PMIPA FKIP. Universitas Riau. Pekanbaru
- Darwis AA dan E Sukara. 1990. *Isolasi, Purifikasi dan Karakterisasi Enzim. Penuntun Praktikum*. Depdikbud. DIKTI. PAU-Biotek. IPB. Bogor.
- FO Lichts. 2007. World Ethanol Consumption.
- Fogarty WC and Weshoff DC. 1983. *Microbial Enzymes and Biotechnology*. App. Scle. Pub. London and New York.
- IEA (International Energy Annual) 2004. International Energy Annual (IEA). <http://www.eia.doe.gov/iea/>
- Norman BE. 1989. New Developments in Starch Syrup Technology. Di dalam G.G Birch., N. Blakebough dan K. J. Parker (eds.). *Enzymes and Food Processing*. Applied Science Publ. Ltd., London.
- Pieterneel. 2000. *Acetone, Butanol and Ethanol Production from Domestic Organic Waste by Solventogenic Clostridia*. *Molecule Microbiology*. 2(1): 39-44.
- Republika online. 2006. Roadmap Penyediaan dan Pemanfaatan Bioetanol. www.republika.co.id/berita/144
- Sofian. 2006. Sukses Membuat Kompos dari Sampah. Penerbit Agromedia, Jakarta.
- Tang YQ. 2006. *Ethanol production from acid hydrolysate of wood biomass using the flocculating yeast Saccharomyces cerevisiae strain KF-7*. *Process Biochemistry*. 41:909-4.
- Tang YQ. 2008. *Ethanol production from kitchen waste using the flocculating yeast Saccharomyces cerevisiae strain KF-7*. *Biomass & Bioenergy*. 32:1034-1045.
- Wen D, H Jiang, and K Zhang. 2009. *Supercritical fluids technology for clean biofuel production*. *Progress In Natural Science*;19:273-284.