

PRODUKSI ALKOHOL DARI SAMPAH RUMAH TANGGA

ALCOHOL PRODUCTION FROM DOMESTIC SOLID WASTE

Sutriyono¹ dan Nanang Mudjito²

¹Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional, Malang

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Malang

²e-mail: sugian2@yahoo.com

Abstract

This research was aimed to produce alcohol from organic solid waste using *Saccharomyces cerevisiae*. The solid waste was treated in varied sizes and yeast concentrations. The procedure involved size reduction by cutting the solid waste, followed by steaming. The next stage was addition of yeast for fermentation. Size variations were 3 and 10 cm. Each sample was of 2 kg weight. Samples were steamed for 30 and 60 minutes. Yeast was added in different amounts of 0%, 10%, 20%, and 30%. Fermentation was done within 2, 4 and 8 days. The highest alcohol volume of 505 mL was obtained in the reactor, WITH fine solid waste of 3 cm, which had been steamed for 60 minutes, and added by of 30% yeast, with fermentation time of 8 days.

Keywords: solid waste, alcohol production, *Saccharomyces cerevisiae*

1. PENDAHULUAN

Manajemen penanganan sampah umumnya berkaitan dengan masalah-masalah transportasi, keterbatasan lahan untuk tempat pembuangan akhir, biaya operasional dan teknologi pengolahan atau proses daur ulang yang digunakan (Clara, 2004).

Sampah padat atau cair yang berasal dari agro industri, peternakan atau pabrik pengolahan hasil pertanian, umumnya mengandung konsentrasi bahan organik yang sangat tinggi. Bahan organik tersebut terdiri atas karbohidrat, protein, lemak dan selulosa atau lingo-selulosa. Bahan-bahan organik tersebut dapat didegradasi secara biologik (Indriyati, 2004).

Mengolah sampah, pada prinsipnya adalah mendegradasi atau menghilangkan bahan karbon organik dalam sampah yang berbentuk cair dan lumpur. Keuntungannya ialah dapat menghilangkan polutan yang dihasilkan dalam proses anaerobik karena hampir semua bahan organik dapat dikonversi menjadi bentuk cair atau gas (Indriyati, 2004).

Energi alternatif diharapkan dapat dibuat dari sampah biomassa, dengan tujuan akhir me-

ngurangi emisi CO₂. Biomasa diketahui memiliki nilai kalori yang rendah dibandingkan dengan batu bara. Produk energi alternatif yang menggunakan biomasa biasanya diproses melalui fermentasi untuk menghasilkan bahan cair atau gas (Moertini, 2005).

Biomassa sampah merupakan sumber bahan baku potensial untuk diolah dengan teknologi tepat guna menjadi sumber energi. Hal ini dilakukan dalam upaya mengatasi defisit penggunaan listrik. Tim dari Ditjen Industri dan Dagang Kecil Menengah (Choliq, 2005) telah meneliti pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi alkohol, pembuatan tepung dari kulit pisang dan pemanfaatan limbah industri tahu menjadi pakan ternak. Pemanfaatan kulit pisang menjadi alkohol diproses dengan tahapan, bahan kulit pisang dihancurkan, dipanaskan, dan ditambah ragi sebagai starter. Kemudian hasil bahan alkohol disuling secara bertingkat untuk pemurnian alkohol.

Bentuk dan ukuran potongan sampah dapat mengoptimalkan proses biokonversi. Reduksi ukuran sampah dilakukan melalui proses pemotongan, penggilingan atau pencacahan. Proses pemotongan atau pencacahan biasanya dilakukan dengan proses mekanis melalui

mesin perajang atau penggiling sampah (Choliq, 2005). Proses pencacahan bertujuan untuk mengoyak bahan organik sehingga mempercepat dan memudahkan pencampuran dengan air atau bahan tambahan lain. Proses pencacahan mempengaruhi proses perombakan dari bentuk padatan menjadi cairan atau gas (Sarmidi, 2004).

BALITBANG Propinsi Jatim membuat inovasi teknologi pengolahan sampah menjadi alkohol melalui lima tahapan pengolahan (Hadi, 2005). Lima tahapan pengolahan tersebut yaitu: pemilahan sampah organik, penghancuran material, konversi bubur sampah, pemisahan hasil (padatan dan cair) dan destilasi bertingkat untuk pemurnian alkohol.

Alkohol adalah produk fermentasi oleh yeast. Produk ini dapat menghambat pertumbuhan ragi dari strain yang berbeda (Yobrew, 2006). Kualitas alkohol ditentukan oleh jenis yeast yang digunakan sebagai media. Pemakaian yeast pada pembuatan alkohol digunakan untuk mempercepat proses fermentasi karena yeast mengandung enzim yang dapat meningkatkan kadar gula (Sarmidi, 2004).

Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Alkohol

Sampah basah yang umumnya tersusun dari selulosa dapat dimanfaatkan menjadi bahan alkohol melalui proses pembuatan glukosa (Sa'id, 1987). Menurut Judoamidjojo (1989), selulosa adalah bentuk karbohidrat alami dan banyak yang berasosiasi dengan lignin sehingga disebut sebagai lignoselulosa. Degradasi selulosa merupakan proses pemecahan polimer anhidro glukosa menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Proses ini menghasilkan oligosakarida berupa disakarida atau trisakarida (misalnya selobiosa dan selotriosa), glukosa monomer atau produk degradasinya (alkohol sederhana, aldehida asam, dan keton).

Etanol yang merupakan kependekan dari etil alkohol (C_2H_5OH), merupakan produk

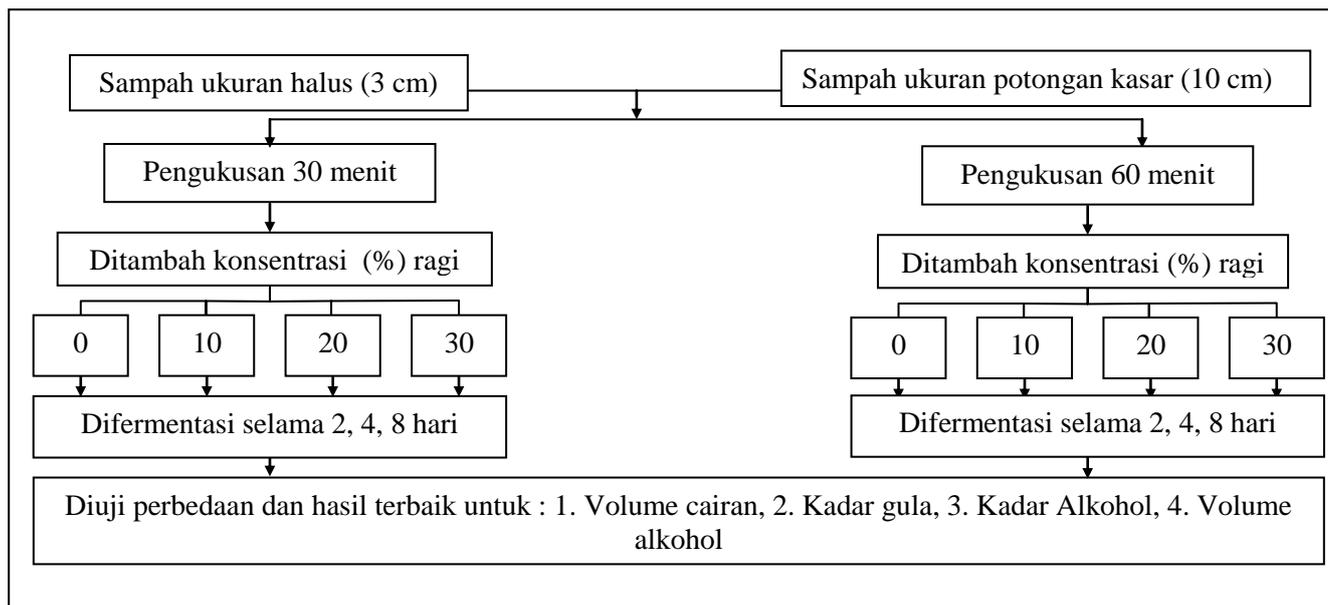
fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat yaitu gula, pati atau selulosa (Judoamidjojo, 1989). Bahan yang mengandung monosakarida langsung dapat difermentasi, tetapi yang mengandung disakarida harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen sederhana (Sa'id, 1987).

Bahan yang mengandung polisakarida adalah limbah selulosik yang mengandung banyak selulosa. Limbah ini banyak dihasilkan dari produk hortikultura, seperti sampah sayur dan buah. Prinsip pembuatan glukosa (monosakarida) dari limbah selulosik adalah dengan menghidrolisis selulosa yang terdapat dalam limbah dengan enzim selulase. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan awal secara fisik, yaitu dipotong menjadi ukuran kecil homogen agar proses hidrolisis dapat optimal. Pemotongan tersebut bertujuan untuk mengoyak lapisan dan meningkatkan luas permukaan bahan. Selain itu pengolahan awal fisik juga dilakukan dengan pengukusan dalam waktu minimum 20 sampai 60 menit. Pengukusan tersebut bertujuan untuk mensterilkan bahan dan melunakkannya agar ikatan molekul bahan lebih terbuka.

Penambahan Enzim Dalam Pembuatan Alkohol

Etanol dibuat dengan cara fermentasi anaerobik. Prinsipnya adalah memecah senyawa karbohidrat menjadi gula sederhana yang dilanjutkan dengan pemecahannya menjadi etanol. Pemecahannya meliputi pemecahan dari senyawa karbohidrat kompleks (polisakarida), glukosa menjadi asam organik (asam piruvat), dan asam organik menjadi etanol.

Proses pemecahan tersebut terjadi pada metabolisme dalam sel mikroba. Apabila menggunakan sampah sebagai bahan baku, maka selulosa harus dirombak dulu menjadi glukosa. Perombakan selulosa menjadi glukosa dapat dikerjakan dengan dua cara. Cara pertama dengan hidrolisis asam, yaitu dengan menggunakan asam sulfat pekat. Cara kedua dengan hidrolisis enzimatik, menggunakan enzim murni selulase ke dalam selulosa.



Gambar 1. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Perlakuan Fisik

Berat sampah organik yang digunakan untuk setiap sampel adalah 2 kg. Sampah organik tersebut terdiri dari ukuran 3 cm (halus) dan 10 cm (kasar). Setiap sampel kemudian dikukus dengan waktu yang berbeda yaitu 30 dan 60 menit.

Perlakuan Biokimia

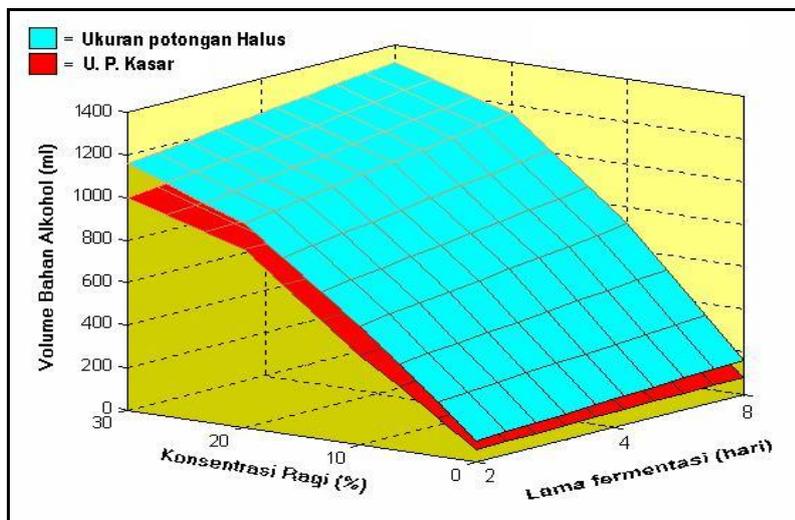
Sampel yang sudah diperlakukan fisik selanjutnya ditambah biakan *S. cerevisiae* masing-masing 0%, 10%, 20% dan 30%. Kemudian sampel tersebut difermentasi

dengan variasi berbeda-beda lamanya, yaitu 2, 4 dan 8 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Volume Cairan bahan Alkohol

Pengujian terhadap hasil pengolahan sampah organik dibedakan antara ukuran 3 cm dan ukuran 10 cm dengan variasi konsentrasi enzim, lama fermentasi dan volume cairan bahan alkohol. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Volume Bahan Alkohol

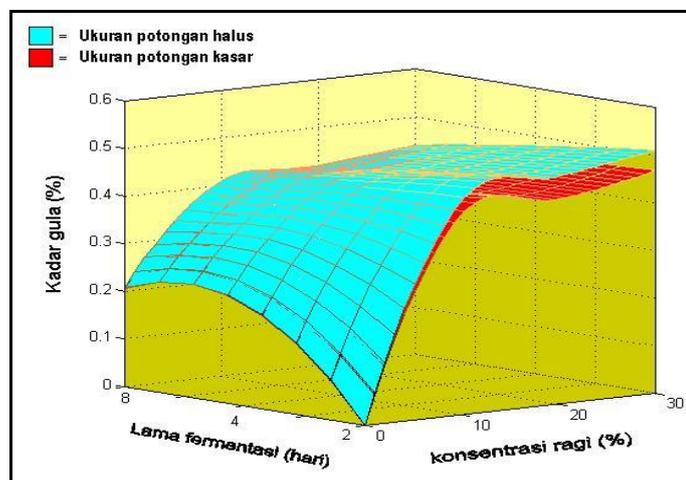
Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa ada beda signifikan antara volume produk alkohol yang dihasilkan dari sampah organik berukuran halus dengan yang berukuran kasar. Hal tersebut terjadi pada kondisi lama pengukusan 60 menit, konsentrasi enzim 30%, dan lama fermentasi 8 hari. Pada kondisi tersebut volume alkohol yang terbaik sebesar 505 mL dari sampah organik ukuran halus dan 327,5 mL dari ukuran kasar.

Hasil Pengujian Kadar Gula

Kadar gula yang berasal dari sampah organik ukuran halus dibandingkan dengan sampah kasar. Kedua bahan organik dengan ukuran

yang berbeda tersebut diperlakukan dengan variasi, lama pengukusan, konsentrasi yeast dan lama fermentasi. Dari perlakuan yang berbeda tersebut didapatkan hasil perbedaan kadar gula seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dijelaskan ada perbedaan antara kadar gula yang dihasilkan sampah organik ukuran halus dengan hasil dari sampah ukuran kasar. Hal tersebut terjadi pada kondisi lama pengukusan 60 menit, konsentrasi enzim 30% dan lama fermentasi 8 hari. Kadar gula yang terbaik terjadi pada sampah organik ukuran halus sebesar 0,50% dan sampah organik ukuran kasar sebesar 0,47%.

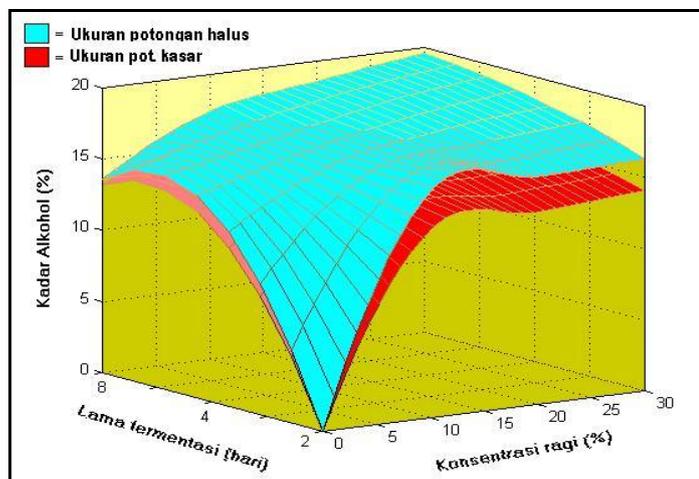


Gambar 3. Perbedaan Kadar Gula

Hasil Pengujian Kadar Alkohol

Kadar alkohol yang berasal dari sampah organik ukuran halus dan kasar dengan

perlakuan variasi oleh lama pengukusan, konsentrasi enzim dan lama fermentasi di jelaskan dalam bentuk grafik (Gambar 4).



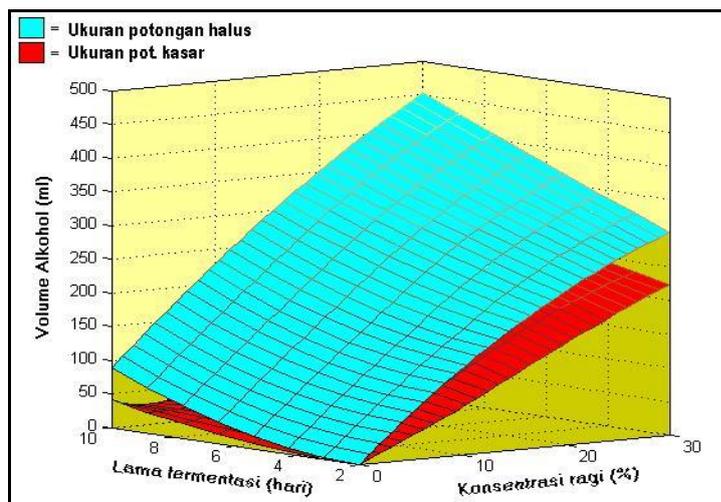
Gambar 4. Perbedaan Kadar Alkohol

Pada Gambar 4 dapat dilihat ada perbedaan antara kadar alkohol yang dihasilkan dari sampah organik ukuran halus dibandingkan dengan hasil dari sampah ukuran kasar. pada lama pengukusan 60 menit, konsentrasi yeast 30% dan lama fermentasi 8 hari. Kadar alkohol yang terbaik dipengaruhi oleh lama pengukusan 60 menit, konsentrasi ragi 30% dan lama fermentasi 8 hari. Pada kondisi tersebut dihasilkan kadar alkohol sebesar

19,3% dari sampah organik ukuran halus dan 16,9% dari sampah organik ukuran kasar.

Hasil Pengujian Volume Alkohol

Volume alkohol yang berasal dari sampah ukuran halus (3 cm) dan ukuran kasar (10 cm) yang diperlakukan dengan variasi oleh lama pengukusan, konsentrasi enzim dan lama fermentasi dijelaskan dalam bentuk grafik (Gambar 5)



Gambar 5. Perbedaan Volume Alkohol

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa ada perbedaan volume alkohol yang berasal dari sampah organik ukuran halus dibandingkan ukuran kasar dengan perlakuan, pengukusan, ditambah konsentrasi yeast dan lama fermentasi. Volume alkohol tertinggi berasal dari sampah organik ukuran halus, yaitu sebesar 505 mL. Sedangkan dari sampah organik ukuran kasar sebesar 327,5 mL.

Pengaruh Pengukusan Terhadap Bahan Alkohol dari Sampah Organik dengan Ukuran Berbeda

Jumlah energi panas Q yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat adalah sebanding dengan temperatur dan massa zat itu.

Besarnya energi panas Q ialah:

$$Q = C \Delta t = m c \Delta t \quad (\text{Tipler, 1998})$$

di mana:

C = kapasitas panas zat

c = panas jenis adalah kapasitas per satuan massa

Jumlah energi panas Q yang diperlukan pada proses pengukusan dengan beda temperatur dari 20°C menjadi 100°C massa sampah 2 kg sama dengan energi panas air yang diuapkan.

$$Q = 2 (4,18) \cdot 80 \text{ k} = 748,80 \text{ kJ}$$

Jumlah energi panas tersebut diserap oleh bahan potongan sampah yang dikukus. Semakin kecil ukuran sampah, semakin luas permukaan penyerapan dalam satuan volume yang sama. Dengan demikian potongan sampah 3 cm lebih banyak menyerap energi panas dibandingkan potongan 10 cm.

Jumlah energi panas yang diserap oleh potongan bahan sampah yang dikukus dihitung dengan persamaan:

$$Q = kA \Delta t \quad (\text{kJ})$$

di mana A adalah luas permukaan bahan. Jika tiap potongan diilustrasikan dengan bentuk kubus, maka tiap bagian kubus mempunyai 6 bagian luas permukaan.

Ukuran potongan 3 cm dan 10 cm masing-masing mempunyai 6 bagian luas permukaan. Rasio perbandingannya adalah 10 cm : 3 cm = 3:1. Dengan demikian apabila ukuran potongan bahan diperkecil dengan rasio 1:3, maka kontak terhadap jumlah energi panas meningkat menjadi 3 x 6 bagian = 18 bagian luas permukaan yang dapat kontak dengan jumlah energi panas yang sama.

Jadi ukuran potongan bahan makin kecil, jumlah penyerapan energi panas makin meningkat jika dilakukan pengukusan. Dengan demikian jumlah volume bahan cairan bahan alkohol yang dihasilkan bertambah banyak.

Pengaruh Tambahan Konsentrasi Yeast

Konsentrasi *S. cerevisiae* yang ditambahkan pada sampah organik bertujuan untuk mengkonversi kandungan organik menjadi kadar gula. Scc dapat diperoleh dari ragi karena mengandung enzim yang sangat diperlukan dalam fermentasi alkohol. Jumlah spesies mikroba yang terdapat pada ragi ada 4, yaitu: *Mucor sp.*, *Candida lipolityca*, *Zygosaccharomyces fermentative*, dan *S. cerevisiae*. Peranan dari masing-masing spesies ialah sebagai berikut:

1. *Mucor sp.* berfungsi untuk merombak bahan-bahan organik menjadi gula-gula (kompleks).
2. *C. lipolityca*, peranannya hampir sama dengan *Mucor sp.* tetapi berfungsi mengubah bahan menjadi gula yang sederhana.
3. *Z. fermentative* menghasilkan asam organik dengan pH rendah dan mampu menghasilkan sedikit alkohol.
4. *S. cerevisiae* berperan menghasilkan alkohol melalui perombakan gula yang terbentuk dari rangkaian proses di atas

yaitu oleh *Mucor sp.*, *C. lipolityca*, *Z. fermentative*.

Sampah organik yang dikukus dengan uap air akan memudahkan terjadinya hidrolisis, membentuk senyawa yang lebih sederhana. Hal tersebut dikarenakan ikatan fisik yang ada dalam komponen bahan organik menjadi lebih mudah dirombak oleh mikroflora yang ada dalam ragi. Kontak mikroflora yang ada dalam ragi dengan sampah organik yang diperkecil ukurannya lebih meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses fermentasi.

Pengaruh Ukuran Substrat

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan antara produk gula dan alkohol yang berasal dari dari sampah organik ukuran halus dibandingkan dengan ukuran kasar. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran potongan sampah, akan semakin meningkatkan luas permukaan bahan. Luas permukaan bahan, yang dapat meningkatkan kontak antara mikroba dengan substrat.

Pengecilan ukuran dapat meningkatkan luas permukaan bahan sehingga meningkatkan lama kontak antara mikroba dan substrat (Mann, 1982 dalam Affandi, 1996) dengan ilustrasi bentuk kubus yang ukuran sisinya diumpamakan dengan dua satuan. Luas permukaan kubus = $2 \times 2 \times 6 = 24$ satuan². Volume kubus = $2 \times 2 \times 2 = 8$ satuan³. Rasio perbandingan luas dan volume menjadi 24:8 = 3. Apabila kubus dipotong menjadi 8 bagian, maka tiap bagian mempunyai luas = $1 \times 1 \times 6 = 6$ satuan², volume 1 bagian kubus = $1 \times 1 \times 1 = 1$ satuan³. Rasio perbandingan luas dan volume menjadi 6 dibagi 1 sama dengan 6, karena ada 8 bagian maka rasionya menjadi $6 \times 8 = 48$.

Ada perbedaan jumlah volume alkohol yang dipengaruhi oleh lamanya waktu fermentasi antara bahan yang dihasilkan oleh sampah organik ukuran halus dibandingkan dengan ukuran besar. Jadi ukuran potongan halus dan lama fermentasi ikut mempengaruhi volume alkohol yang terbentuk.

Hasil Percobaan Secara Umum

Hasil dari percobaan pengolahan sampah organik menjadi alkohol dengan tambahan konsentrasi enzim, dengan berbeda ukuran halus dibandingkan ukuran kasar disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil percobaan

No.	Parameter	Substrat	Substrat
		Halus	Kasar
1	Volume cairan bahan alkohol (mL)	1400	1255
2	Kadar gula dalam bahan alkohol (%)	0,505	0,470
3	Kadar alkohol dalam bahan alkohol (%)	19,3	16,9
4	Volume alkohol (destilasi) (mL)	505	327

Jadi tambahan konsentrasi *S. cerevesiae* berpengaruh terhadap optimalnya pengolahan sampah organik menjadi alkohol. Volume alkohol yang terbaik dihasilkan dari sampah halus (3 cm), dikukus selama 60 menit, ditambah konsentrasi enzim 30%, dan lama fermentasi 8 hari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dari pengolahan sampah organik menjadi alkohol dapat disimpulkan bahwa tambahan konsentrasi *S. cerevesiae* dapat mengoptimalkan proses fermentasi anaerobik. Hasil volume alkohol terbanyak (505,0 mL) diperoleh dari sampah organik ukuran halus (3 cm) yang dikukus selama 60 menit dengan tambahan konsentrasi yeast sebesar 30% dan lama fermentasi 8 hari.

Kandungan karbohidrat, pati yang berada dalam sampah organik mempengaruhi lama waktu tinggal substrat sehingga makin meningkatkan hasil cairan bahan alkohol dalam fermentasi. Makin luas kontak permukaan sampah, semakin tinggi daya serap terhadap konsentrasi enzim yang ditambahkan sebagai medium.

Daya serap sampah organik terhadap enzim dapat dioptimalkan dengan memperkecil ukuran potongan dan mengukusnya dalam waktu tertentu. Sampah organik yang dikukus

dengan uap air akan memudahkan proses hidrolisis cairan bahan alkohol, sehingga secara keseluruhan pengolahan sampah menjadi lebih efisien dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi (1999). Produksi dan Laju Penghancuran Serasah di Hutan Mangrove Alami dan Binaan Cilacap Jawa Tengah. ITB Bandung.
- Clara (2004). Pengolahan Sampah Terpadu, Salah Satu Upaya Mengatasi Sampah Di Perkotaan. Makalah Pengantar Falsafah Sains PPS –S3, IPB Bogor.
- Cholih, A. U. (2004). Pemanfaatan Sampah Organik untuk Petamanan dan Peternakan. Litbang DEPTAN, Jakarta.
- Hadi, W. (2005). Kajian Pengolahan Sampah Menjadi Ethanol. BALITBANGDA PROPINSI JAWA TIMUR.
- Indriyati (2004). Pengaruh Waktu Tinggal Substrat Terhadap Effisiensi Reaktor Tipe Totally Mix. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 4 (4).
- Judoamidjojo, M. (1989). Biokonversi Bahan-bahan organik. Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Moertini (2005). Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Kajian Teknologi Konversinya. *Sigma*. 5. 19-34.
- Sa'id, G. (1987). Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi. Melton Putra, Jakarta.
- Sarmidi (2004). Pentingnya Proses Fermentasi Bio Kakao. Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, Jakarta.
- Tipler (1998). Fisika Untuk Sains dan Teknik. Erlangga Jakarta .
- Yobrew, S. (2006). Wine Fermentation And How To Restart Them, <http://www.yowbrew.co.uk/stuck.php>