

VOLUME GAS, pH DAN KADAR ALKOHOL PADA PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI ACID WHEY YANG DIFERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae*

M. S. Anwar, A. N. Al-Baarri, A. M. Legowo

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar alkohol, pH dan produksi gas pada *whey* yang difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah lama fermentasi yang meliputi: T_1 = lama fermentasi 12 jam, T_2 = lama fermentasi 24 jam, dan T_3 = lama fermentasi 36 jam, T_4 = lama fermentasi 48 jam dan T_5 = lama fermentasi 60 jam. Variabel yang diuji adalah kadar alkohol, pH dan produksi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi (12, 24, 36, 48 dan 60 jam) pada *whey* yang difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar alkohol, pH dan produksi gas. Alkohol yang dihasilkan berturut-turut yaitu: 5,10; 1,37; 1,85; 2,16, 1,02, untuk T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 . Nilai pH yang dihasilkan berturut-turut yaitu 3,50; 3,54; 3,67; 3,69; 3,89. Gas yang dihasilkan berturut-turut yaitu 13,75; 13,75; 17,50; 17,50; 35,00. Kadar alkohol dan produksi gas maksimal terjadi pada lama fermentasi 12 jam sedangkan pH terendah dihasilkan pada lama fermentasi 60 jam. Saran dari penelitian ini adalah proses produksi alkohol dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan secara cepat sehingga proses produksinya perlu segera diselesaikan pada fermentasi jam ke-12.

Kata kunci: *whey*, *Saccharomyces cerevisiae*, kadar alkohol, pH dan produksi gas

PENDAHULUAN

Whey adalah serum susu yang dihasilkan dari industri pembuatan keju setelah proses pemisahan kasein dan lemak selama pengendapan susu. Whey dikenal sebagai limbah industri pangan, khususnya dari pembuatan produk susu keju. Whey tersebut merupakan polutan terbesar dari air limbah produksi keju. Setiap kilogram keju yang diproduksi akan menghasilkan 8-9 liter whey cair (Jenie dan Rahayu, 1993). Berdasarkan mekanisme koagulasi kasein, Spreer (1998) membedakan whey menjadi dua, yaitu whey manis (rennet whey) dan whey asam (quark whey). Whey manis diperoleh dari koagulasi protein secara enzimatis dan umumnya bebas dari kalsium, sedangkan whey asam diperoleh dari koagulasi kasein dengan asam (proses pengasaman) dan umumnya mengandung kalsium laktat. Jenie dan Rahayu (1993), menyebutkan whey manis sebagai limbah cair dari produksi keju natural dan keju olah seperti *cheddar*, *mozzarella*, *gouda* dan *swiss* yang menggunakan susu penuh sebagai bahan bakunya. Susu skim yang digunakan untuk produksi keju *cottage* dan *quark* akan menghasilkan whey yang disebut whey asam. Whey manis mempunyai pH sekitar 5-7, sedangkan whey asam sekitar 4-5, serta mengandung laktosa (4-7 %) dan protein (0,6 – 1,0 %). Limbah whey memiliki potensi untuk dijadikan sebagai

bahan alternatif pembuatan bioetanol.

Bioetanol adalah sejenis alkohol yang berasal dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa, di sisi lain banyaknya limbah dari sebuah industri yang banyak di buang begitu saja hal itu tentunya dapat berimplikasi negatif pada lingkungan. Limbah tersebut memiliki potensi untuk dijadikan bahan alternatif penghasil bioetanol, whey merupakan salah satu limbah yang terbuang. PT. Kraft Foods Indonesia, konsumsi keju di Indonesia di tahun 2002 mencapai 5.127,58 ton naik 5,99% dari tahun 2001. Whey merupakan hasil samping pembuatan keju, tentunya seiring dengan peningkatan konsumsi keju akan menyebabkan peningkatan jumlah whey. Menurut Guemaraes *et al.* (2010), whey merupakan salah satu penyebab masalah lingkungan di sisi lain, whey masih memiliki nilai nutrisi yang tinggi termasuk protein, peptide fungsional, lipid, mineral, vitamin dan laktosa. Oleh karena itu, whey memiliki potensi besar untuk diubah sebagai sesuatu yang bernilai tambah terutama kandungan laktosa yang sebesar 5% yang bisa dimanfaatkan menjadi bioetanol.

Pada proses fermentasi, laktosa pada whey yang digunakan *Saccharomyces cerevisiae* kultur murni, menurut Christensen (2011), *Saccharomyces cerevisiae* yang menunggu untuk diaktifkan. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan merubah komponen gula menjadi alkohol. Apabila proses pembuatan bioetanol terdapat gula reduksi yang cukup maka akan memaksimalkan pertumbuhan *saccharomyces cerevisiae*. Semakin besar aktivitas khamir maka diharapkan semakin banyak alkohol yang bisa dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang produksi etanol dari whey menggunakan *Saccharomyces*

Artikel dikirim 17/10/2012, diterima 23/11/2012. Penulis adalah dari Program Studi Teknologi Hasil Ternak Jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia. Kontak langsung melalui email A. N. Al-Baarri (albari@undip.ac.id).

cerevisae kultur murni sebagai bahan utama fermentasi.

Lama fermentasi pada proses produksi bioetanol berpengaruh pada kadar alkohol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan namun akan berhenti di suatu titik dimana alkohol akan menjadi racun bagi khamir oleh karena itu dibutuhkan lama fermentasi yang tepat untuk proses fermentasi agar diperoleh kadar alkohol dalam jumlah yang tinggi. Alkohol yang dihasilkan berbanding terbalik dengan pH substrat, semakin tinggi kadar alkohol maka pH substrat akan semakin rendah (asam) dan begitu pula sebaliknya. Lama fermentasi juga akan mempengaruhi produksi gas pada proses produksi alkohol. Proses fermentasi akan terjadi perubahan 1 molekul gula sederhana (heksosa) menjadi 2 molekul etanol dan 2 molekul CO₂, oleh karena itu semakin lama fermentasi maka akan semakin banyak gula yang dikonversi menjadi etanol gas CO₂ yang dihasilkan.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui produksi etanol dari whey yang difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu kadar alkohol, pH dan produksi gas selama masa inkubasi tertentu. Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pemanfaatan hasil sampingan pembuatan keju yakni whey yang di fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* terhadap kadar alkohol, pH dan produksi gas dan memberikan referensi waktu yang tepat untuk pemanen alkohol bila nantinya penelitian dijadikan sebuah industri. Hasil penelitian nantinya diharapkan dapat memproduksi etanol dari whey sehingga dapat menjadi alternatif sumber bioetanol.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei – juni 2012. Lokasi pembuatan *Bioetanol*, pengujian produksi gas, pH dan etanol dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Materi

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah whey jenis whey ini didapat dari perusahaan keju “Baros” cabang Salatiga, *Saccharomyces cerevisiae* kultur murni, dektros, ekstrak ketang, aquades, kapas, aluminium foil, tisu, alkohol 70%. Peralatan yang digunakan adalah *filtering flask* 1500 ml, selang, gelas ukur, nampan, botol, beker gelas, klip, panci, termometer suhu, elenmayer, *magnetic stirrer*, inkubator, *autoclave*, timbangan analitik, sendok, piknometer, pH meter, bunsen dan kulkas.

Metode

Penelitian yang telah dilaksanakan meliputi lima tahap, yaitu penentuan rancangan percobaan, penelitian pendahuluan, penelitian utama, variabel penelitian dan analisis data.

Persiapan kultur *Saccharomyces cerevisiae*

Kultur khamir ini didapat dari Pusat Antar Universitas Universitas Gadjah Mada dan dibiakkan serta dipersiapkan

sebagai kultur stok dan *bulky starter* dilakukan sesuai dengan penelitian Azizah *et al.* (2012).

Rancangan percobaan

Rancangan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan sehingga ada 20 unit percobaan. Perlakuan yang digunakan adalah pencampuran 1000 ml whey + 50 ml *bulky starter*, dan dibagi menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

T1 = 12 jam waktu inkubasi

T2 = 24 jam waktu inkubasi

T3 = 36 jam waktu inkubasi

T4 = 48 jam waktu inkubasi

T5 = 60 jam waktu inkubasi

Jika terdapat pengaruh antara perlakuan pada volume gas, pH dan kadar alkohol maka analisis dilanjutkan dengan uji wilayah Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang nilai kadar alkohol, pH, dan produksi gas setiap perlakuan telah disajikan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai rerata pH yang mengalami kenaikan selama lama fermentasi, pada kadar alkohol tiap perlakuan mengalami penurunan, sedangkan produksi gas mengalami kenaikan pada setiap perlakuan.

Pengaruh lama fermentasi terhadap pH

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dengan lama fermentasi yang berbeda (12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam dan 60 jam) memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai pH. Data rata-rata nilai pH substrat pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, pH cenderung meningkat hingga perlakuan T₅ (lama fermentasi 60 jam). Hal ini dipengaruhi oleh bioetanol yang telah mengalami produksi yang cukup tinggi di awal proses fermentasi. Hal ini sesuai pernyataan Akin *et al.* (2008), pada saat alkohol meningkat, maka nilai pH juga cenderung akan meningkat.

Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol

Hasil analisis ragam terhadap kadar alkohol menunjukkan bahwa dengan lama fermentasi yang berbeda (12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam dan 60 jam) memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$). Perlakuan lama fermentasi 12 jam mempunyai nilai kadar alkohol yang tinggi (Tabel 1). Kadar alkohol tertinggi dihasilkan pada lama fermentasi 12 jam yakni sebesar 5,10 %. Hal ini diduga karena substrat berupa glukosa, dinilai dapat mencukupi kebutuhan pertumbuhan khamir. Hal ini sesuai dengan pendapat Kargi dan Ozmichi (2008), bahwa alkohol dalam larutan akan meningkat jika kebutuhan glukosa terpenuhi. *Saccharomyces cerevisiae* dapat mencapai tingkat maksimum pada jam ke 12. Menurut Suyandra (2007), bahwa fase stasioner *Saccharomyces cerevisiae* terjadi mulai jam ke 30, sehingga jam inkubasi sebelum jam ke-30 adalah fase pertumbuhan dipercepat. Sehingga jam inkubasi ke-12 diduga merupakan puncak proses metabolisme yang akhirnya akan menghasilkan

alkohol yang relatif tinggi.

Kadar alkohol pada waktu fermentasi 60 jam, menurun dari 5,10 menjadi 1,02. Penurunan kadar alkohol yang pada disebabkan karena penurunan substrat yang menyebabkan *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat bekerja secara optimal dalam fermentasi (Frazier dan Westhoff 1978).

Saccharomyces cerevisiae kurang baik dalam menfermentasi laktosa whey sehingga untuk meningkatkan aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* perlu penambahan substrat tapioka dalam menghasilkan alkohol. Hal ini sesuai

dengan penelitian Guo *et al.* (2010), *Saccharomyces cerevisiae* kurang baik dalam mencerna laktosa karena enzim β -galaktosidase dan sistem permease pada laktosa kurang baik. Menurut penelitian Silva *et al.* (2010), aktivitas metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* dapat ditingkatkan dengan penambahan substrat lain ke dalam whey. Substrat yang ditambahkan pada whey adalah *corn steep liquor*, adanya penambahan substrat tersebut sebanyak 10 g/l dalam whey, kadar alkohol yang dihasilkan dari 3,4% (v/v) menjadi 7,4% (v/v).

Tabel 1. Rerata Nilai Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas

Perlakuan	pH	Kadar Alkohol (%)	Produksi Gas (cL)
T1	3,50 ^d	5,10 ^b	13,75 ^b
T2	3,54 ^c	1,37 ^b	13,75 ^b
T3	3,67 ^b	1,85 ^b	17,50 ^b
T4	3,69 ^b	2,16 ^b	18,75 ^b
T5	3,89 ^a	1,02 ^a	35,00 ^a

Keterangan: cL= centiliter; Superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan ($P < 0,05$). T1= Waktu fermentasi 12 jam, T2= Waktu fermentasi 24 jam, T3= Waktu fermentasi 38 jam, T4= Waktu fermentasi 48 jam, T5= Waktu fermentasi 60 jam. Data yang didapat adalah hasil dari rata-rata 3 kali ulangan ($n=3$).

Whey memiliki gula dari jenis laktosa, hasil uji laboratorium menyatakan total gula dalam whey yang dipakai untuk penelitian ini adalah sebesar 4,21%. Gula dari whey dapat digunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk hidup dan menghasilkan alkohol. Hal ini sesuai dengan pendapat Lewis dan Young (1990), *Saccharomyces cerevisiae* mampu menggunakan sejumlah gula untuk menghasilkan alkohol. Sehingga dimungkinkan, semua gula dalam whey, dapat dimanfaatkan oleh khamir. Hasanah (2008), menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* mampu mengubah pati menjadi gula, serta mengubah sebagian gula menjadi alkohol dan komponen *flavor*.

Kadar alkohol yang dihasilkan bisa dipengaruhi dari metode fermentasi yang digunakan dalam penelitian ini. Metode fermentasi dalam penelitian ini adalah menggunakan model *batch feeding* dengan rangkaian penangkap gas bersistem tetap dan sederhana sehingga masih dimungkinkan masih ada udara di dalam fermentor, padahal untuk menghasilkan alkohol *Saccharomyces cerevisiae* harus dalam keadaan anaerob. Menurut Kunaepah (2008), *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh dengan baik pada kondisi anaerob. Pada kondisi aerob, *Saccharomyces cerevisiae* menghidrolisis gula menjadi air dan CO₂, tetapi dalam keadaan anaerob gula akan diubah oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi alkohol dan CO₂. Itulah sebabnya kadar alkohol yang dapat dicapai dalam penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Silva *et al.* (2012). Richana (2011), menambahkan jika tujuan penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* adalah untuk menghasilkan alkohol maka dibutuhkan kondisi anaerob, tetapi untuk pembuatan *starter* (biakan awal) diperlukan kondisi aerob.

Pengaruh lama fermentasi terhadap produksi gas

Hasil analisis produksi gas menunjukkan bahwa rata-rata produksi gas bioetanol dari whey yang difermentasi

selama 12 jam (T₁) sebesar 13,75 cl; T₂ dengan lama fermentasi selama 24 jam sebesar 13,75 cl, T₃ dengan lama fermentasi selama 36 jam sebesar 17,50 cl; T₄ dengan lama fermentasi selama 48 jam 18,75 cl dan T₅ dengan lama fermentasi selama 60 jam sebesar 35,00 cl. Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan dengan lama fermentasi menunjukkan adanya pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi gas. Analisis lebih lanjut menggunakan Uji Wilayah Ganda Duncan menunjukkan bahwa T₁, T₂, T₃, T₄ berbeda nyata dengan T₅ tetapi tidak berbeda nyata dengan T₂, T₃, T₄.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dengan lama fermentasi yang berbeda (12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam dan 60 jam) pada proses pembuatan bioetanol dari whey memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi gas yang berarti bahwa hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi yang diberikan, semakin mempertinggi produksi gas dari bioetanol dari whey secara signifikan.

Produksi gas tertinggi pada terjadi pada lama proses fermentasi 60 jam yakni sebesar 35,00 cL namun tidak diikuti dengan kadar alkohol yang tidak mencapai puncak pada waktu fermentasi ke-60 jam. Hal ini menunjukkan, kadar alkohol berkorelasi negatif dengan produksi gas. *Saccharomyces cerevisiae* bekerja optimal dalam pemanfaatan gula pada substrat menjadi alkohol, semakin banyak gula yang dikonversi menjadi alkohol maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pendapat Bailey dan Olis (1988), pembentukan etanol berasosiasi dengan pertumbuhan sehingga pola pembentukan produk sama dengan pola pertumbuhan. Menurut Richana (2011), satu mol glukosa menghasilkan 2 mol etanol dan 2 mol karbondioksida.

Produksi gas juga dipengaruhi oleh jenis khamir yang digunakan. Dalam penelitian ini, digunakan *Saccharomyces*

cerevisae kultur murni karena jenis *Saccharomyces* kultur murni difungsikan untuk menghasilkan alkohol. Dalam dunia komersial pembuatan roti, seringkali digunakan jenis *Saccharomyces* yang telah dimodifikasi untuk menghasilkan gas, sehingga jika penelitian pembuatan bioetanol dengan menggunakan khamir jenis ini, dinilai kurang dapat menghasilkan etanol sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu (Azizah *et al.*, 2012). Kultur *Saccharomyces cerevisiae* murni dapat mengkonversi gula menjadi alkohol hingga mencapai 94,7% (Suyandra, 2007). Ragi roti merupakan khamir jenis *Saccharomyces cerevisiae* yang telah diseleksi sebelumnya untuk tujuan komersil. *Saccharomyces cerevisiae* yang dipilih adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang memiliki kemampuan memfermentasi gula dengan baik di dalam adonan dan dapat tumbuh dengan cepat dan mampu menghasilkan karbondioksida secara optimum. Karbondioksida yang dihasilkan dari proses fermentasi inilah yang membuat adonan roti men. Karbondioksida yang dihasilkan dari proses lama fermentasi sehingga dapat membuat adonan roti mengembang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan lama fermentasi (12, 24, 36, 48 dan 60 jam) terhadap whey yang difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* berpengaruh terhadap kadar alkohol, nilai pH dan produksi gas. pH dinilai meningkat selama proses fermentasi. Kadar alkohol pada fermentasi jam ke-12 menghasilkan kadar alkohol paling tinggi dan akan menurun secara drastis.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka untuk menghindari penurunan kadar bioetanol, proses fermentasi perlu diselesaikan dalam waktu paling lambat 12 jam setelah proses inokulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akin, H., C. Brandam, X. Meyer, P. Strehano. 2008. A model for pH determination during alcoholic fermentation of a grape must by *Saccharomyces cerevisiae*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 47, 1986–1993
- Azizah, N., A. N. Al-Baarri, S. Mulyani. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 1, 72–77
- Bailey, J. E. dan D. F. Ollis. 1988. Dasar-Dasar Biokimia. PAU Institut Pertanian Bogor, Bogor Casida, J. R. 1968. Industrial Microbiology. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Chritensen, T. E. 2011. Yeast. (<http://www.wisegEEK.com/why-does-yeast-make-bread-rise.html>). Diakses pada Tanggal 5 Agustus 2011.
- Fardiaz, S. 1988. *Fisiologi Fermentasi*. Lembaga Sumber Daya Informasi – Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Frazier, W.C dan W.C. Westhoff. 1978. *Food Microbiology*. Mc Graw Hill Publishing Co.ltd. New Delhi. India.
- Guemaraes, P. M. R., J. A. Teixeira and L. Domingues. 2010. Fermentation Lactose to Bioethanol by Yeasts as Part of Integrated Solutions for The Valorisation of Cheese Whey. Research Review Paper JBA 06293, 1, 1 - 10.
- Guo, X., J. Zhou dan D. Xiao. 2010. Improved Ethanol Production by Mixed Immobilized Cells of *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* from Cheese Whey Powder Solution Fermentation. Appl Biochem Biotechnol 160, 532–538.
- Hasanah, H. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza Sativa* L. Varforma *Oryza sativa* L var forma *glutinosa*) dan Tape Singkong (*Manihot utilissima* Pohl). Program Sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang (Skripsi).
- Jenie, B. L. S., Ridawati dan W. P. Rahayu. 1993. Produksi Angkak oleh *Monascus purpureus* dalam Medium Limbah Cair Tapioka. Ampas Tapioka dan Ampas Tahu. Buletin Teknologi dan Industri Pangan 5, 1 – 5.
- Kargi, F. dan S. Ozmihci. 2005. Utilization of Cheese Whey Powder (CWP) for Ethanol Fermentation: Effects of Operating Parameters. J. Enzyme and Microbial Technology 38, 711-718.
- Kunaepah, U. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. Program Magister Universitas Diponegoro, Semarang. (Tesis Ilmu Ternak).
- Lewis, M.J and T.W. Young. 1990. Brewing. Chapman and Hall, New York.
- Moat, A. G. 1979. Microbiology Physiology. John Willey and Sons Inc, New York.
- Richana, N. 2011. Bioetanol: Bahan baku, produksi dan pengendalian mutu. Penerbit Nuansa, Bandung.
- Spreer, E. 1998. Milk and Dairy Product Technology. Marcel Dekker Inc. NewYork.
- Silva, A.C., P.M.R. Guimarae, J.A. Teixeira and L. Domingues. 2010. Fermentation of Deproteinized Cheese Whey Powder Solutions Ethanol by Engineered *Saccharomyces cerevisiae*: Effect of Supplementation with Corn Steep Liquor and Repeated Batch Operation with Biomass Recyling by Flocculation. J. Ind. Microbiol. Biotechnology 37 (1): 973-982.
- Suyandra, I. S. 2007. Pemanfaatan hidrolisat pati sagu (*Metroxylon* sp.) sebagai sumber karbon pada fermentasi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.