

**PENGUNAAN KAPANG (*Trichoderma viride*) DALAM PEMBUATAN SIRUP GLUKOSA
RUMPUT LAUT (*Eucheuma spinosum*)**

Using Fungi (*Trichoderma viride*) In Glucose Syrup Productions Of Seaweed (*Eucheuma spinosum*)

ANDRI KURNIAWAN

Abstract

Glucose syrup is an aqueous solution liquid that produced from starch hidrolisis with use enzyme catalisator, acid, or combination between enzyme and acid. Glucose syrup is secondary product which more used in food and drink industries, substrate for fermentation, or even used as raw material for chemical materials productions like ethanol and acetat acid. Glucose can be produced with used cellulose with breaking down cellulose is as polysaccharide to its monomer, that glucose. One of cellulose source that very much in the nature is seaweed. Cell wall of seaweed specially from red algae and green algae is cellulose. How ever, cell wall of brown algae is mixed of cellulose and algin acid (Tortora *et al*, 2001). Fiber compotitions of *E. spinosum* 5,936% and *E. cottonii* 5,478% (Ayu, 2007).

The used data analysis are substrate concentration has 3 levels that 1% (K₁), 3% (K₂), dan 5% (K₃) and fermentation time has 4 levels, that 2 days (H₁), 4 days (H₂), 6 days (H₃), and 8 days (H₄) and each repeated 3 times.

In the process of seaweed *E. spinosum* fermentation by Fungi *T. viride* has been carried out in K2H3, that in substrate concentration 3% and fermentation time 6 days include glucose value 6,242%, pH value 8,9, total solved solution 2,3% brix, color L 43,32, and hidrolized cellulose percentage 3,90%

Keywords: Glucose syrup, Cellulose, E. spinosum, Fungi T. viride

PENDAHULUAN

Kebutuhan gula dalam negeri yang meningkat tetapi tidak diikuti adanya peningkatan produksi gula menyebabkan Indonesia masih mengimpor sekitar separuh dari kebutuhan domestik hingga tahun 2003 (Richana, 2006). Permasalahan tersebut perlu dicarikan alternatif solusi baik melalui peningkatan produktivitas perkebunan tebu yang menjadi bahan baku pembuatan gula maupun peningkatan produksi industri gula yang telah ada. Disamping itu, perlu juga dicarikan alternatif bahan yang dapat mensubstitusi fungsi gula sukrosa. Glukosa adalah salah satu alternatif bahan untuk substitusi gula sukrosa.

Sirup glukosa merupakan produk setengah jadi yang banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman, misalnya industri permen, selai, pengalengan buah-buahan, gula alkohol, dan pembuatan asam askorbat (Lindawati *et al*, 2006). Menurut Hardjo *et al* (1989), glukosa juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi langsung dalam pakan atau makanan, substrat untuk fermentasi, atau bahkan digunakan sebagai bahan mentah untuk produksi bahan-bahan kimia organik seperti etanol dan asam asetat.

Selama ini glukosa diproduksi dari pati. Akan tetapi, glukosa juga dapat diproduksi dengan memanfaatkan selulosa melalui proses pemecahan selulosa sebagai polisakarida menjadi monomernya, yaitu glukosa. Salah satu sumber selulosa yang banyak terdapat di alam adalah rumput laut. Dinding sel rumput laut terutama dari jenis alga merah dan hijau terdiri atas selulosa. Sedangkan, dinding sel alga coklat terdiri atas selulosa dan asam algin (Tortora *et al*, 2001). Menurut Ayu (2007) kandungan serat *E. spinosum* 5,936% dan *E. cottonii* 5,478%.

Perubahan selulosa menjadi glukosa dapat dikerjakan secara biologis maupun non biologis depolimerisasi, yaitu fisis maupun kimiawi untuk menginduksi hidrolisis selulosa. Proses pembuatan sirup glukosa dengan menggunakan enzim masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan tingginya biaya produksi enzim sehingga mempengaruhi biaya produksi suatu industri. Berbeda

dengan penggunaan mikroorganisme sebagai mesin hayati penghasil enzim yang memiliki banyak keuntungan, di antaranya mudah dibiakkan, mempunyai kecepatan tumbuh yang tinggi, dan mudah dikontrol pertumbuhannya (Hardjo *et al*, 1989).

Beberapa mikroorganisme dapat digunakan untuk memproduksi enzim selulase diantaranya *Myrotherium verrucaria*, *Penicillium pussilum*, dan *Trichoderma viride* (Winarno, 1986). Menurut Beldman (1986), kapang *T. viride* memiliki enzim komersial, yaitu selulase 1,4-(1,3;1,4)- β -D-glukan-4-glukanohidrolase (EC 3.2.1.4). Selain itu, *T. viride* merupakan kapang yang potensial untuk produksi selulase khususnya salisinase dan CMC-ase (Satiawihardja *et al*, 2000). Diperkuat lagi oleh Fardiaz (1992) bahwa *T. viride* juga memproduksi antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan organisme lainnya selain enzim selulase yang dapat memecah selulosa.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pemanfaatan rumput laut *E. spinosum* sebagai bahan baku pembuatan sirup glukosa serta mengetahui konsentrasi rumput laut *E. spinosum* dan lama hari fermentasi yang optimum untuk menghasilkan sirup glukosa dengan menggunakan kapang *T. viride*.

METODE

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Februari sampai Mei 2007 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Perikanan, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, dan Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Muhammadiyah Malang.

Bahan dan Alat. Bahan-bahan yang digunakan di dalam proses pembuatan bubur rumput laut *E. spinosum* adalah rumput laut kering jenis *E. spinosum*. Bahan yang digunakan dalam proses penginokulasian kapang *T. viride* dan fermentasi sirup glukosa antara lain kultur

kapang *T. viride*. Selain itu, bahan-bahan yang digunakan adalah medium *potato dextrose agar* (PDA) 3,91%, urea, Asam asetat 0,2 M, natium asetat 0,2 M, buffer asetat 0,2 M sampai pH 5, asam asetat 0,2 M, alkohol 90%, Nafis 0,9%, pepton 0,01%, aquades, kapas, kertas payung, tali, plastik, karet gelang, korek api, dan spritus. Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel uji digunakan bahan-bahan seperti zat antibuih (*antifoam agent*), asbes, H₂SO₄ 0,255N, kertas lakmus, kertas saring, NaOH 0,313 N, K₂SO₄ 10%, alkohol 95%, glukosa oksidase, indikator kolorimetri, tris buffer 92 mmol/l pH 7,4, fenol 0,3 mmol/l, 4-aminoahenzone 2,6 mmol/l, H₂SO₄ 1 N, H₂SO₄ 72%, *buffer* pH 4, *buffer* pH 7, PDA 2,91%, pepton 0,01%, dan aquades.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mortar, baskom, pisau, talenan, timbangan analitik dan sartorius, erlenmeyer 100 ml, 250 ml, dan 600 ml, tabung reaksi 10 ml, rak tabung reaksi, *beaker glass* 100 ml dan 250 ml, *autoclave*, inkubator, botol fermentor, spatula, kompor listrik, desikator, tabung kuvet, spektrofotometer *spectronic* 20D pada panjang gelombang (λ) 500 nm, pipet volume 1 ml dan 25 ml, pipet tetes 1 ml dan 25 ml, karet hisap, oven, corong, pH meter, gelas piala, *water bath*, *sentrifuge* kecepatan 5200 rpm, *stop watch*, *hand refractometer*, *color reader*, dan inkubator.

Rancangan Penelitian. Analisis data yang digunakan dalam penelitian utama adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan faktor pertama adalah konsentrasi substrat yang memiliki 3 level, yaitu 1% (K₁), 3% (K₂), dan 5% (K₃) dan faktor lama fermentasi yang memiliki 4 level, yaitu 2 hari (H₁), 4 hari (H₂), 6 hari (H₃), dan 8 hari (H₄), serta masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Analisis yang dilakukan meliputi analisis serat kasar dan selulosa rumput laut, kadar glukosa, derajat keasaman (pH), persentase selulosa terhidrolisis, total padatan terlarut, serta target warna L.

Prosedur Penelitian. Prosedur kerja pada penelitian ini terdiri atas tiga tahapan, yaitu proses pembuatan bubur rumput laut *E. spinosum*, inokulasi dan inkubasi kapang *T. viride*, serta proses fermentasi bubur rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride*. Analisis yang dilakukan meliputi analisis serat kasar dan selulosa rumput laut, kadar glukosa, derajat keasaman (pH), persentase selulosa terhidrolisis, total padatan terlarut, serta target warna L.

Analisis Serat Kasar (Sudarmadji et al, 1997). Prinsip analisis serat kasar adalah berat residu sampel akhir setelah diberi perlakuan asam dan basa ditimbang dan dinyatakan sebagai serat kasar. .

Analisis Glukosa (GOD-PAP Methode) (Anonymous, 2007). Prinsip dari metode GOD-PAP adalah oksidasi glukosa oleh gluko-oksidase (GOD) menjadi asam glukanoat dan H₂O₂. Selanjutnya H₂O₂ direaksikan dengan 4-aminoantipirin dan fenol yang menghasilkan khinomin yang berwarna kemerahan dan H₂O. Reaksi ini dikatalis oleh enzim peroksidase (POD). Khinomin yang terbentuk equivalen dengan glukosa sehingga warna yang terukur dari produk khinomin akan sebanding dengan kadar glukosa. Kadar glukosa diukur dengan menggunakan spektrofotometer *spectronic* 20D pada panjang gelombang (λ) 500 nm atau Hg 546 nm.

Analisis Selulosa (Modifikasi Analisis Chesson, 1978 dalam Dhoni, 2002). Prinsip analisis selulosa adalah memanaskan bahan dengan asam kuat (H₂SO₄) dan kemudian dibilas untuk mendapatkan berat residu akhir yang dinyatakan sebagai berat selulosa.

Analisis Derajat Keasaman (pH) (Apriantono et al, 1989). Prinsip analisis derajat keasaman adalah mengukur pH dengan menggunakan pH meter dimana elektroda dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4 dan dibersihkan dengan aquades. Kemudian dicelupkan kembali pada larutan buffer pH 7 dan dibilas kembali dengan aquades. Selanjutnya elektroda dicelupkan pada larutan sampel dan kemudian dibaca.

Analisis Persentase Selulosa Terhidrolisis (Dhoni, 2002). Prinsip analisis persentase selulosa terhidrolisis adalah menghitung residu sampel akhir setelah dilakukan pemanasan dan dikonversi dengan berat selulosa sampel.

Total Padatan Terlarut (% brlx) (Mochtar dan Rahman, 1978 dalam Dhoni, 2002). Prinsip analisis total padatan terlarut adalah sampel yang telah dihomogenkan diteteskan ke alat hand refractometer dengan menggunakan pipet tetes.

Prosedur Analisis Total Warna (Metode L*a*b* Twinter) (Yuwono dan Susanto, 2001). Prinsip analisis total warna adalah pengujian yang dilakukan dengan *color reader*. *Color reader* dihidupkan dan target pembacaannya ditentukan, yaitu pembacaan L*a*b* *color space* atau L*c*h

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serat dan Selulosa *E. spinosum*. Dinding sel rumput laut terutama dari jenis alga merah dan hijau terdiri atas selulosa. Sedangkan, dinding sel alga coklat terdiri atas selulosa dan asam algin (Tortora et al, 2001). Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kandungan serat kasar serta selulosa pada rumput laut jenis *E. spinosum* dan *E. cottonii* yang dapat dilihat pada Tabel 1 .

Tabel 1. Kandungan Serat Kasar Dan Selulosa Rumput Laut *E. spinosum* Oleh Kapang *T. viride*

Rumput Laut	Serat (%)	Selulosa (%)
<i>E. spinosum</i>	4,99%	4,08
<i>E. cottonii</i>	4,94%	4,06

Kadar Glukosa. Kadar glukosa dianalisis dengan metode GOD-PAP yang diukur menggunakan spektrofotometer *spectronic* 20D. Kadar glukosa yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Tabel 2 .

Tabel 2. Kadar Glukosa Pada Hasil Fermentasi Rumput Laut *E. spinosum* Oleh Kapang *T. viride*

Konsentrasi Sampel (%)	Hari ke-			
	H1	H2	H3	H4
K1	4,778	5,257	5,811	5,325
K2	5,791	5,989	6,242	6,133
K3	6,413	6,557	7,235	6,790

Grafik hubungan antara lama fermentasi dan kadar glukosa yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Gambar 1 .

Kecenderungan peningkatan atau penurunan kadar glukosa hasil dari fermentasi rumput laut dipengaruhi oleh jumlah atau konsentrasi substrat yang digunakan oleh kapang *T. viride* sebagai media fermentasi. Menurut (Hidayat *et al*, 2006), medium fermentasi adalah medium tumbuh mikroba yang harus mengandung semua elemen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba dalam proporsi yang serupa dengan yang ada pada sel mikroba.

Pada semua perlakuan, H3 merupakan puncak tertinggi dari proses fermentasi rumput laut untuk menghasilkan glukosa. Hal ini dapat berarti bahwa substrat rumput laut yang digunakan sebagai media fermentasi sudah dipecah secara maksimal oleh kapang *T. viride* menjadi glukosa. Setelah lama fermentasi H3 terjadi penurunan kadar glukosa. Hal ini terkait dengan ketersediaan nutrisi, yaitu selulosa rumput laut dalam media tersebut sudah habis sehingga turut mempengaruhi fase kehidupan mikroba pada fase ini. Nilai kadar glukosa tertinggi terdapat pada perlakuan K₃H₃, yaitu 7,235%.

Derajat Keasaman. Nilai pH medium adalah salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter. Nilai pH medium yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Tabel 3 .

Tabel 3. Nilai pH Medium Pada Proses Fermentasi Rumput Laut *E. spinosum* Oleh Kapang *T. viride*

Konsentrasi Sampel (%)	Hari ke-			
	H1	H2	H3	H4
K1	7,7	8,1	8,7	8,5
K2	7,8	8,2	8,9	8,7
K3	7,9	8,3	9,4	9,0

Grafik hubungan antara lama fermentasi dan nilai pH pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Gambar 2 .

Peningkatan nilai pH dapat juga dipengaruhi oleh konsentrasi metabolit glukosa. Konsentrasi yang tinggi dan lama fermentasi yang optimum berperan dalam peningkatan aktivitas enzim dan memutuskan ikatan glikosidik selulosa menjadi monomernya sehingga konsentrasi glukosa meningkat. Peningkatan konsentrasi glukosa akan dapat menyebabkan menurunnya konsentrasi ion H⁺ dalam medium sehingga pH menurun atau cenderung basa (Dhoni, 2002).

Setelah mengalami penurunan pada H3, pH medium mengalami peningkatan atau cenderung menuju ke arah netral. Selama proses fermentasi, pH dapat mengalami peningkatan setelah mengalami penurunan derajat keasaman. Hal ini dikarenakan terbentuknya asam organik sebagai produk samping fermentasi (Anonymous, 2006). Nilai pH medium tertinggi pada perlakuan K₃H₃, yaitu 9,4

Persentase Selulosa Terhidrolisis. Di dalam proses fermentasi dengan menggunakan kapang *T. viride*, enzim selulase yang dihasilkan oleh kapang *T. viride* berperan menghidrolisis selulosa kompleks yang merupakan dinding sel rumput laut jenis *E. spinosum* menjadi monomernya. Persentase selulosa terhidrolisis yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Tabel 4 .

Tabel 4. Persentase Selulosa Terhidrolisis Pada Proses Fermentasi Rumput Laut *E. spinosum* Oleh Kapang *T. viride*

Konsentrasi Sampel (%)	Hari ke-			
	H1	H2	H3	H4
K1	1,88	2,84	3,13	2,95
K2	2,92	3,64	3,90	3,70
K3	3,61	3,82	4,30	4,01

Grafik hubungan antara lama fermentasi dan Persentase selulosa terhidrolisis pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Gambar 3 .

Persentase selulosa terhidrolisis terkait dengan banyaknya selulosa substrat yang mampu dipecah oleh kapang *T. viride* penghasil enzim selulase. Enzim adalah molekul biopolimer yang tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memegang peranan penting dalam berbagai reaksi di dalam sel (Richana, 2002). Dinding sel rumput laut *E. spinosum* terdiri atas selulosa yang dapat dimanfaatkan oleh kapang *T. viride* sebagai media fermentasi untuk diurai menjadi monomer sederhana, yaitu glukosa. Persentase selulosa terhidrolisis tertinggi terdapat pada perlakuan K₃H₃, yaitu 4,30%.

Total Padatan Terlarut. Total padatan terlarut diukur dengan menggunakan *hand refractometer*. Nilai total padatan terlarut yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai total Padatan Terlarut Pada Fermentasi Rumput Laut *E. spinosum* Oleh Kapang *T. viride*

Konsentrasi Sampel (%)	Hari ke-			
	H1	H2	H3	H4
K1	1,2	1,6	2,2	1,9
K2	1,5	1,7	2,3	2,0
K3	1,8	1,9	2,7	2,5

Grafik hubungan antara lama fermentasi dan total padatan terlarut pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. Viride*, dilihat pada Gambar 4 .

Pada umumnya, total padatan terlarut akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah partikel padatan yang terlarut dalam air (Dhoni, 2002). Pigmen warna yang dimiliki oleh substrat seperti pigmen warna hijau (klorofil), kuning, merah, dan ungu akan larut dalam medium fermentasi sehingga dapat mempengaruhi jumlah total padatan terlarut. Ganggang merah (Rhodophyceae) mempunyai pigmen yang disebut fikobilin. Pigmen ini terdiri atas fikoeritrin (merah) dan fikosianin (biru). Selain itu, Rhodophyceae mempunyai pigmen xantofil (warna kuning) dan karoten (warna keemasan) (Anonymous, 2007). Nilai total padatan terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan K₃H₃, yaitu 2,7 % brix.

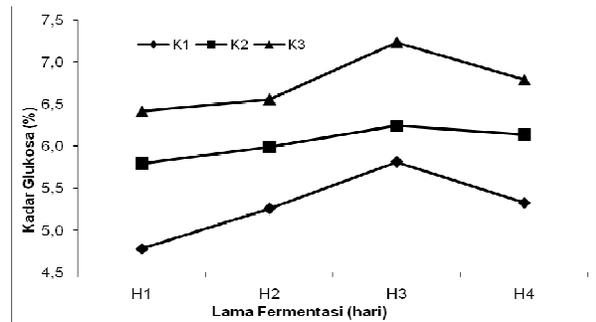
Target Warna L. Target warna L merupakan parameter kecerahan atau derajat gelap sampai terang dengan kisaran nilai 0 sampai 100. Nilai 0 menunjukkan warna sangat gelap dan nilai 100 berarti warna sangat terang. Analisis warna glukosa cair dilakukan dengan menggunakan *color reader*. Target warna L yang dihasilkan pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Tabel 6 .

Tabel 6. Target Warna L Pada Fermentasi Rumput Laut *E.spiniosum* Oleh Kapang *T.viride*

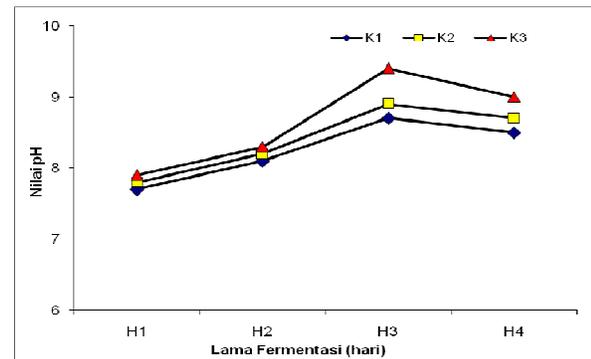
Konsentrasi Sampel (%)	Hari ke-			
	H1	H2	H3	H4
K1	48,35	46,40	44,35	41,80
K2	47,85	45,05	43,32	40,10
K3	46,60	44,65	42,35	37,45

Grafik hubungan antara lama fermentasi dan target warna L pada proses fermentasi rumput laut *E. spinosum* oleh kapang *T. viride* dapat dilihat pada Gambar 5 .

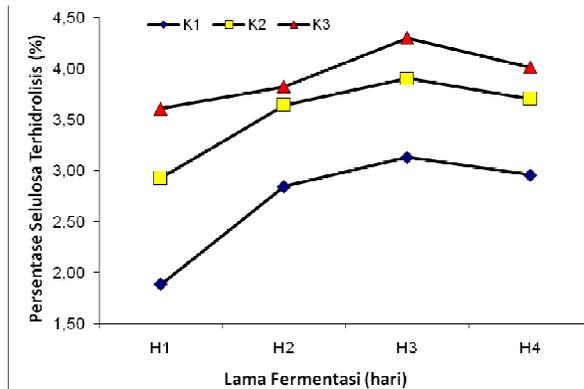
Menurut Winarno *et al* (1980), warna bahan pangan dari makanan dapat disebabkan oleh beberapa sumber, salah satu yang terpenting adalah disebabkan oleh pigmen yang ada di dalam bahan nabati atau hewani. Rumput laut jenis *E. spinosum* mempunyai pigmen merah. Warna merah yang dihasilkan dapat menyebabkan warna larutan semakin gelap seiring dengan proses fermentasi dan peningkatan jumlah konsentrasi substrat (Sediadi dan Budihardjo, 2000). Selain itu, derajat kegelapan larutan juga dipengaruhi oleh nilai viskositas larutan dimana kerapatan molekul matrik menjadi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai viskositas sehingga dapat menyebabkan derajat kecerahan semakin menurun. Target warna L tertinggi terdapat pada perlakuan K₁H₁, yaitu 48,35.



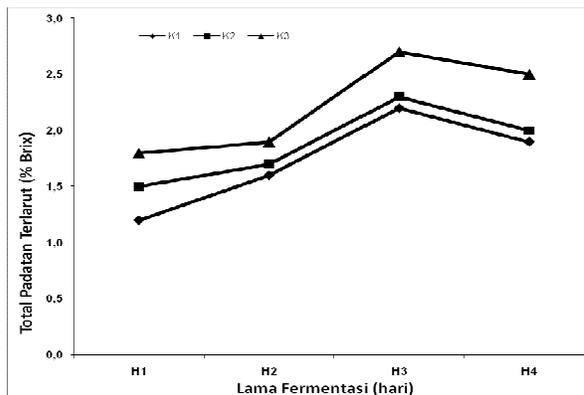
Gambar 1. Grafik Hubungan antara Lama Fermentasi dan Kadar Glukosa



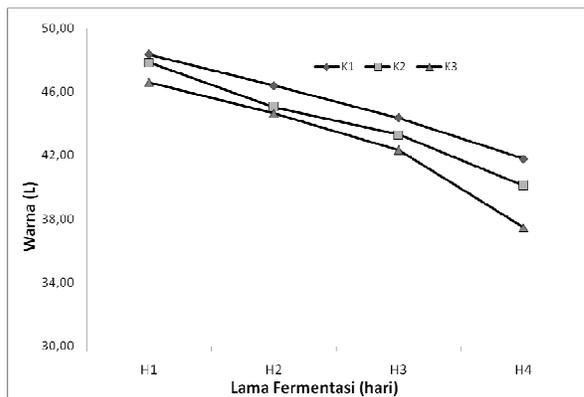
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Lama Fermentasi dan Nilai pH



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Lama Fermentasi dan Persentase Selulosa Terhidrolisis



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Lama Fermentasi dan Total Padatan Terlarut



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Lama Fermentasi dan Target Warna L

UCAPAN TERIMA KASIH

Rangkaian ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Eddy Suprayitno, MS dan Bapak Prof. Dr. Ir. T.J. Moedjiharto, M.App.Sc selaku pembimbing, para Laboran yang telah membantu dalam permasalahan teknis di laboratorium, serta semua pihak yang memberi dukungan dalam penyelesaian penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2006. Modul 1.07 Teknik Fermentasi: Panduan Pelaksanaan Laboratorium Instruksional I/II. Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
<http://www.che.itb.ac.id/kuliah/tk300x/Modul%20Labtek%20PDF/MODUL%201.07%20Teknik%20Fermentasi.pdf>. [25 Desember 2006]
- _____. 2007. Glucose GOD-PAP.
<http://jchemed.chem.wisc.edu/jcesoft/cca/CCA5/MAIN/1ORGANIC/ORG18/TRAM18/B/0591308/>. Hal 1. [2 Februari 2007]
- Apriyantono, A., D. Fardiaz., N. Puspitasari., Sedarnawati., dan S. Budiyo. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Ayu, A. G. 2007. Fortifikasi Rumput *Eucheuma spinosum* untuk Pembuatan Mi Basah. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. Hal 69
- Dhoni, S. K. 2002. Pembuatan Glukosa Cair oleh Kapang *Trichoderma viride* (Kajian Konsentrasi Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Lama Fermentasi) [Skripsi]. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. Abstrak: 49-50: dan 53
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan I. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 212-213
- Hardjo, S., N. S. Indrastii., dan T. Bantacut. 1989. Biokonversi: Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 42-44: 54: 82-83: dan 75-78
- Hidayat, N., M. C. Padaga., dan S. Suhartini. 2006. Mikrobiologi Industri. Penerbit Andi. Malang. Hal 30
- Lindawati, S. I., Yunianta., E. Martati. 2006. Pembuatan Sirup Glukosa Kasar dari Pati Sagu (*Metroxylon* sp) (Kajian Lama Sakarifikasi dan Dosis Campuran Enzim Glukoamilase dan Pullulanase Terhadap Sifat Fisik dan Kimia). Jurnal. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. Hal 1 dan 5
- Richana, N. 2002. Produksi dan Prospek Enzim Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia. Buletin AgroBio 5(1):29-36. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor. http://www.indobiogen.or.id/terbitan/pdf/agrobio_5_1_29-36.pdf. [21 Juli 2007].
- _____. 2006. Gula Singkong Dapat Diproduksi di Pedesaan. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Volume 28 No 3. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Bogor. <http://www.pustaka-deptan.go.id/publication/wr283066.pdf>. Hal 22. [25 Desember 2006]
- Satiawihardja, B., Sunarmani., dan E. Rosyana. 2000. Pemanfaatan Kulit Pisang untuk Produksi Selulase. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. Vol 10 (1). Jakarta. Hal 33-39
- Sediadi dan Budihardjo. 2000. Rumput Laut Komoditas Unggulan. PT Gramedia Widiasarana. Jakarta. Hal 3
- Sudarmadji, S., B. Hayono., dan Suhardi. 1997. Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan Dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta. Hal 40
- Tortora, G. J., B. R. Funke., dan C. L. Case. 2001. Microbiology: An Introduction. An Imprint of Addison Wesley. Longman Inc. New York. Hal 335: 341: dan 346
- Winarno, F. G., S. Fardiaz., dan D. Fardiaz. 1980. Pengantar Teknologi Pangan. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 7: 14: dan 15
- Yuwono, S dan T. Susanto. 2001. Pengujian Fisik Pangan. UNESA University Press. Surabaya. Hal 51-52