



Kajian Rumput Laut *Sargassum duplicatum* J. G. Agardh sebagai Penghasil Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi

Dion Ragil Saputra, Ali Ridlo, Ita Widowati *)

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698
email: dion_dun@yahoo.com

Abstrak

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati, maupun selulosa. Selama ini bioetanol dibuat dari bahan baku yang menjadi sumber penghasil pangan dan pakan sehingga menyebabkan kompetisi diantara keduanya. Biomassa selulosa rumput laut *S. duplicatum* sebagai bahan baku produksi bioetanol dapat menjadi solusi dalam mengatasi masalah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pembuatan rumput laut *S. duplicatum* J.G. Agardh sebagai bahan baku bioetanol. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial untuk uji kadar glukosa dan Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk fermentasi. Hidrolisis dengan H_2SO_4 konsentrasi 0,2M, 0,3M, 0,4M, 0,5M dan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 120 menit. Fermentasi dilakukan dengan khamir *S. cereviceae* dengan waktu inkubasi 24 jam, 48 jam, 72 jam. Pengukuran konsentrasi etanol dilakukan menggunakan Gas Chromatography (GC). Hasil penelitian menunjukkan kondisi terbaik hidrolisis dikonsentrasi H_2SO_4 0,4M (28,051 mg/ml \pm 1,100) dan waktu 120 menit (23,128 mg/ml \pm 6,069). Selama proses fermentasi, kadar bioetanol maksimum dicapai pada waktu inkubasi 72 jam yaitu 0,0451% v/v \pm 0,0098

Kata kunci : Bioetanol, *Sargassum duplicatum*, selulosa, fermentasi, Gas Chromatography (GC).

Abstract

Bioethanol is an alternative fuel made from biomass containing sugar components, starch, and cellulose. So far, bioethanol is made from raw materials which become a source of food and feed resulting in the competition. The potential of cellulosic biomass seaweed *S. duplicatum* as bioethanol production can be a solution to resolve the issue. The purpose of this research was to study seaweed *S. duplicatum* J.G. Agardh as raw material for bioethanol. Method used for this research was experimental laboratory with a completely randomized design (RAL) factorial pattern to test glucose levels and a randomized block design (RAK) to test the ethanol levels. Ethanol concentration was determined by Gas Chromatography (GC). Hydrolysis with H_2SO_4 concentration of 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M, 0.5 M and the variation within 30 minutes, 60 minutes, 120 minutes. The fermentation conducted with yeast *S. cereviceae* with incubation time 24 hours, 48 hours, 72 hours. Ethanol concentration measurements conducted using Gas Chromatography (GC). The results showed that the best conditions for hydrolysis of concentrated H_2SO_4 0.4 M (28.051 mg / ml \pm 1.100) and 120 minutes (23.128 mg / ml \pm 6.069). During the fermentation process, the maximum ethanol levels achieved at 72 hours incubation time is 0.0451% v / v \pm 0.0098

Keywords: Bioethanol, *Sargassum duplicatum*, cellulose, fermentation, Gas Chromatography (GC).

*) Penulis penanggung jawab

Pendahuluan

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan merupakan sumber devisa negara. Krisis Bahan Bakar Minyak (BBM) baru-baru ini menunjukkan cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia terbatas jumlahnya. Fakta menunjukkan konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan adanya laju pertumbuhan ekonomi, penambahan penduduk, peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi (Sudaryanto, 2008 dalam Victor, 2010).

Melihat hal ini, sudah saatnya untuk mengembangkan berbagai energi alternatif yang dapat diperbaharui. Sudah saatnya pula ketergantungan kebutuhan energi fosil yang *non-renewable* digantikan dengan energi yang *renewable*. Menurut Rikayana dan Adam (2011) dalam Retmonando (2012), Salah satu energi *renewable* adalah bioetanol.

Bioetanol menjadi pilihan utama karena mudah terurai dan aman bagi lingkungan karena tidak mencemari air, serta pembakaran dari bioetanol hanya menghasilkan karbondioksida dan air (Hambali *et al.*, 2006). Bioetanol memiliki predikat *clean energy* karena mampu menurunkan emisi karbondioksida hingga 18% (Fauzi, 2011).

Menurut Harvey dan Pilgrim, (2010), sumber BBN selama ini berasal dari biomassa pati yang juga menjadi sumber penghasil pangan dan pakan sehingga menyebabkan kompetisi diantara keduanya. Oleh karena itu, solusi alternatif dalam hal mengatasi permasalahan persaingan sumber penghasil bioetanol antara bahan pangan dan pakan adalah memanfaatkan rumput laut jenis *S. duplicatum* J.G. Agardh.

Rumput laut jenis *S. duplicatum*, merupakan rumput laut yang banyak di jumpai di perairan Indonesia (Yulianto *et al.*, 2010). *S. duplicatum* tumbuh dengan kepadatan populasi sangat tinggi (*blooming/outbreak*), selama 3-4 bulan, sehingga membentuk hutan Sargassum yang luas (Uchida *et al.*, 1996 dalam Sulistijo, 1998).

S. duplicatum sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai *raw material* untuk diolah menjadi bioetanol karena memiliki beberapa kelebihan yaitu umur panen yang relatif singkat, tidak mengganggu pasokan pangan, dan sistem budidayanya tidak mengorbankan produksi makanan, pakan ternak dan produk lain yang berasal dari tanaman. Oleh karena itu, ada harapan terhadap sumber bahan baku produksi energi dari rumput laut sebagai langkah mengatasi permasalahan bahan bakar.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan rumput laut *S. duplicatum* J.G. Agardh sebagai bahan baku bioetanol.

Materi dan Metode

Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahap yaitu preparasi sampel, hidrolisis dengan asam H₂SO₄, pengukuran kadar glukosa dengan spektrofotometer, fermentasi menggunakan khamir, pengukuran kadar etanol dengan *Gas Chromatography*.

Materi yang digunakan adalah rumput laut *S. duplicatum*, J.G. Agardh yang diperoleh dari perairan Teluk Awur, Jepara. Biakan mikroba yang digunakan adalah khamir dari ragi roti (*S.cereviceae*).

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratoris dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) berpola faktorial untuk uji kadar glukosa karena ada perbedaan konsentrasi H₂SO₄ (0,2M (K1), 0,3M (K2), 0,4M (K3), 0,5M (K4)) dan lama waktu hidrolisis 30 Menit (T1), 60 Menit (T2), 120 Menit (T3)). Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk uji kadar etanol dengan lama waktu inkubasi (24 jam (1), 48 jam (2) 72 jam (3)).

a. Pengambilan dan Preparasi *S. duplicatum* J. G. Agardh

Rumput laut diambil dari perairan Teluk Awur, Jepara pada bulan September 2011. Parameter kualitas air diukur secara "in situ" bersamaan dengan pengambilan sampel rumput laut meliputi kedalaman, pH, suhu, oksigen terlarut (DO) dan salinitas (ppt). Sampel dicuci dengan air tawar, kemudian dikeringkan di bawah matahari, tetapi tidak terkena langsung cahaya matahari. Setelah kering, sampel diblender. Kemudian sampel ditimbang.

b. Hidrolisis

Sampel ditimbang sebanyak 15 gr. Kemudian dilakukan pengenceran H_2SO_4 , 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, 0,5 M. Sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan konsentrasi H_2SO_4 yang telah ditetapkan. Erlenmeyer dipanaskan dalam penangas tiap variabel waktu selama 30 menit, 60 menit, dan 120 menit. Hasil hidrolisis dianalisis kadar glukosanya dengan metode Miller (1959).

c. Pengujian Glukosa

Sampel hasil hidrolisis ditambahkan alkohol 70% dengan perbandingan 1:1 berdasar ampas sampel yaitu 5 ml:5 gr. Sampel disaring menggunakan kertas saring, dan sisa padatan dicuci dengan alkohol 70%. Diukur pH filtratnya. Filtrat dipanaskan pada penangas air 100°C selama 30 menit, lalu disaring. Dimasukkan 3 ml sampel ke tabung reaksi dan 3 ml pereaksi DNS. Kemudian sampel dan pereaksi ditempatkan dalam penangas air mendidih selama 5 menit. Kadar glukosa diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540.

d. Fermentasi dengan Menggunakan Khamir

Fermentasi menggunakan khamir *S. cereviseae*. Starter pada media fermentasi ini terdiri dari fermipan yang telah dilarutkan dalam air dengan suhu 30°C dan di inkubasi selama 15 menit

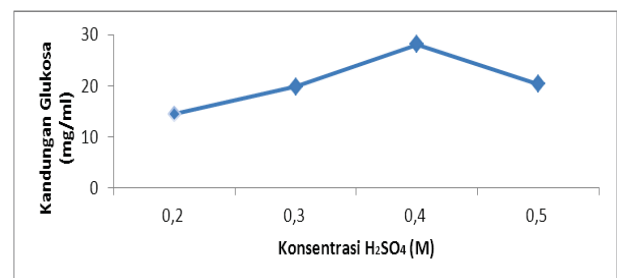
dalam kondisi aerob. Hasil biakan ini akan digunakan pada fermentasi. Larutan sampel sebanyak 100 ml, 10 gr NPK dan 10 gr/L media Fermipan (*S. cereviseae*) dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Diukur pH awal fermentasi, dan diatur pH menjadi 4,5-5. Fermentasi dilakukan dengan waktu inkubasi 24 jam, 48 jam, dan 72 jam dengan suhu 28-32°C. Fermentasi dilakukan secara fermentasi anaerob.

e. Pengukuran Kadar Etanol

Pengukuran kadar etanol dilakukan dengan metode standar internal. Pada proses pembuatan standar etanol dibuat standar internal 0,25 % etanol dan asam fosfat 1 % menggunakan kolom 10% SP 1200. Metode ini menggunakan metode Supelco (1996), diatur kondisi kerja alat seperti panjang kolom 2m, diameter kolom 3mm, suhu injektor 200°C, Detektor TCD, suhu detektor 200°C, suhu kolom 80°C dengan kenaikan suhu bertahap (tiap 1 menit dinaikkan 5°C), gas pembawa N_2 , tekanan gas pembawa 1 kg/cm², fase diam MS5A (kecepatan 20 mL/menit) sampel di sentrifuge dengan 3500 rpm.

Hasil dan Pembahasan

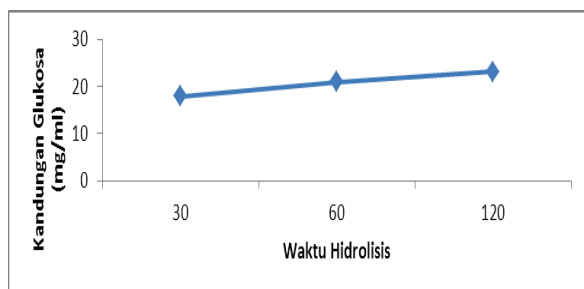
Uji pengaruh perbedaan konsentrasi H_2SO_4 terhadap kadar glukosa pada *S. duplicatum* dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar glukosa yang dicapai selama proses hidrolisis *S. duplicatum*. Hasil proses ini digunakan sebagai acuan pada hidrolisis untuk proses fermentasi. Proses hidrolisis dilakukan pada konsentrasi H_2SO_4 yaitu 0,2M, 0,3M, 0,4M dan 0,5M.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Perbedaan Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa

Grafik diatas menjelaskan kadar glukosa meningkat dengan bertambahnya konsentrasi H_2SO_4 dari 0,2M (14,475 mg/ml $\pm 3,704$), 0,3M (19,798 mg/ml $\pm 3,067$) dan 0,4M (28,051 mg/ml $\pm 1,100$) (Gambar 1). Hal ini diduga asam dengan konsentrasi rendah dapat meningkatkan kuantitas glukosa pada proses hidrolisis selulosa, karena dengan asam konsentrasi rendah akan dapat memutuskan ikatan glikosida yang terdapat pada selulosa, tetapi selanjutnya turun pada konsentrasi 0,5M (20,299 mg/ml $\pm 6,978$). Penurunan kadar glukosa ini dikarenakan meningkatnya konsentrasi asam pada proses hidrolisis mengakibatkan glukosa dan senyawa glukosa lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hydroxyl methylfurfural dan furfural yang akhirnya keduanya membentuk asam formiat (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Hal ini kemungkinan hal ini diduga sebagai sebab penurunan konsentrasi glukosa pada konsentrasi larutan H_2SO_4 lebih dari 0,4 M.

Proses uji pengaruh perbedaan waktu hidrolisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa. Hasil proses ini akan digunakan sebagai acuan lama waktu proses hidrolisis selanjutnya. Proses ini dilakukan dengan variabel waktu 30 menit, 60 menit dan 120 menit. Perbedaan waktu ini digunakan untuk mendapatkan konsentrasi glukosa terbaik.

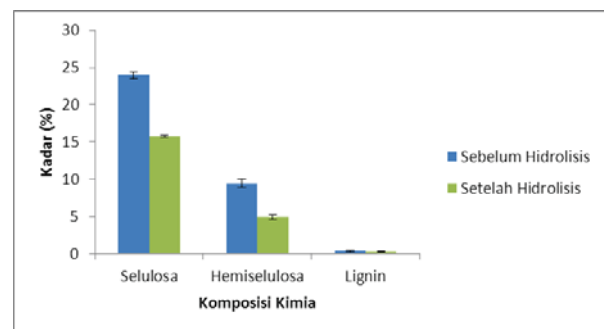


Gambar 2. Grafik Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Glukosa

Grafik diatas menjelaskan kadar glukosa terbaik yaitu pada 120 menit (23,128 mg/ml $\pm 6,069$) (Gambar 2). Hal ini

diduga semakin lama waktu hidrolisis maka semakin tinggi kadar glukosa yang diperoleh. Proses hidrolisis ini pada umumnya dilakukan pada tekanan dan suhu tinggi, karena jika suhu tinggi maka enzim tidak dapat bekerja atau rusak. Diharapkan proses hidrolisis ini dapat menghidrolisis polisakarida yang tidak mampu dipecah oleh enzim, tetapi tidak merusak glukosa yang ada.

Uji analisis kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin sebelum dan sesudah hidrolisis H_2SO_4 dilakukan untuk mengetahui kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin pada *S. duplicatum* sebelum dan sesudah hidrolisis.



Gambar 3. Grafik Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin sebelum dan sesudah Hidrolisis

Grafik diatas menjelaskan kadar selulosa 23,973% $\pm 0,463$, hemiselulosa 9,456% $\pm 0,575$ dan lignin 0,363% $\pm 0,0709$ (Gambar 3). Hal ini dapat dikatakan kadar selulosa lebih banyak daripada hemiselulosa dan lignin, dan kadar hemiselulosa lebih banyak dari kadar lignin. Selulosa lebih dominan pada penelitian ini dikarenakan selulosa terdiri atas glukosa yang berantai panjang, yang dapat dipecah melalui reaksi hidrolisis dengan air dengan dikatalis oleh enzim yang disebut selulase, atau dengan menggunakan asam. Meskipun demikian, ikatan glikosida mengikat kuat rantai selulosa, yang menghalanginya pecah menjadi glukosa. Lignin bukan merupakan struktur yang dibentuk oleh

glukosa, tetapi merupakan materi yang dibentuk oleh fenol-propena, sehingga tidak berpengaruh terhadap etanol yang dihasilkan (Riyanti, 2009).

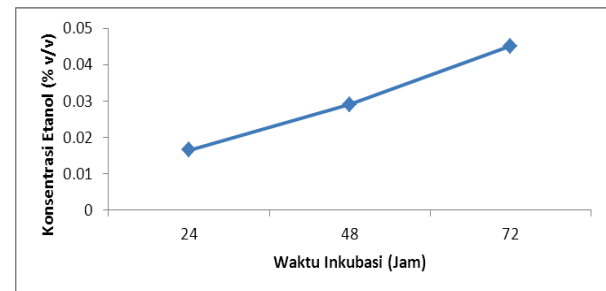
Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannose, galaktosa, xilosa dan arabinose. Xilosa C5 adalah komponen yang paling banyak dalam hemiselulosa. Hidrolisis parsial dari selulosa menghasilkan sejumlah oligosakarida, termasuk selubiosa, selutriosa, selutetosa (Sjostrom, 1981 dalam Feller, 1986 dalam Riyanti, 2009).

Kecenderungan potensi biomassa sebagai bahan baku etanol bervariasi sesuai dengan kandungan bahan penyusun yang dapat dikonversi menjadi glukosa sederhana, yaitu selulosa dan hemiselulosa. Selulosa dapat didegradasi glukosa oleh asam, dan asam dapat mendegradasi ikatan β -1,4-glukosida. Asam dapat mendegradasi selulosa menjadi glukosa, karena larutan asam bersifat tidak netral pada daerah ikatan glikosida pada selulosa (Klass, 1998) dalam Riyanti, 2009). Maka diharapkan pula, dengan asam mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa maka kadar etanol yang diperoleh besar.

Setelah dilakukan proses hidrolisis dengan H_2SO_4 menunjukkan terjadinya pengurangan kadar selulosa sebanyak 8% ($15,771\% \pm 0,175$), hemiselulosa 4,5% ($4,921\% \pm 0,283$) dan lignin 0,07% ($0,292\% \pm 0,035$) (Gambar 3). Hal ini disebabkan sebagian besar selulosa dan hemiselulosa berubah menjadi glukosa atau senyawa lain dengan larutan asam. Proses hidrolisis asam mendegradasi bahan selulosa, hemiselulosa menjadi xilosa, manosa, asam asetat, galaktosa dan glukosa. Pada suhu dan tekanan tinggi xilosa terdegradasi menjadi furfural, dan HMF (Irawan dan Arifin, 2012).

Proses fermentasi dilakukan dengan waktu inkubasi 24 jam, 48 jam dan 72 jam, bahwa fermentasi etanol memerlukan waktu 30-72 jam (Paturau, 1981 dalam Suyandra, 2007). Proses fermentasi

merupakan proses pembebasan energi tanpa adanya oksigen, sehingga sering disebut respirasi anaerob. Pada fermentasi, beberapa mikroba peristiwa pembebasan energi terlaksana karena asam piruvat diubah menjadi asam asetat dan CO_2 kemudian selanjutnya asam asetat diubah menjadi alkohol (Anonim, 2000 dalam Yuniarsih, 2009).



Gambar 4. Grafik Hasil Kadar Etanol pada Fermentasi Glukosa

Grafik diatas menjelaskan didapatkan kadar etanol $0,0165\%v/v \pm 0,0033$ (24 jam) $0,0291\%v/v \pm 0,0057$ (48 jam), dan $0,0451\%v/v \pm 0,0098$ (72 jam) (Gambar 4). Hal ini diketahui kadar etanol maksimum yaitu $0,0451\%v/v \pm 0,0098$ dengan lama waktu inkubasi 72 jam. Hal ini diduga karena pada waktu 72 jam fermentasi berjalan dengan maksimum sehingga kadar etanol yang dihasilkan paling tinggi. Maka semakin lama fermentasi hasil kadar etanol yang diperoleh semakin meningkat.

Waktu inkubasi 72 jam ini diduga pertumbuhan dan aktivitas *S. cerevisiae* pada pertumbuhan logaritmik, dimana nutrient dikonsumsi secara baik dan dihasilkan zat-zat metabolik secara maksimum.

Kadar etanol yang paling rendah dihasilkan dari waktu inkubasi 24 jam. Hal ini diduga *S. cerevisiae* belum bekerja secara optimal karena masih beradaptasi dengan lingkungannya dan memanfaatkan glukosa untuk tumbuh dan memperbanyak diri.

Pembuatan bioetanol dari bahan selulosa (*S. duplicatum*) lebih sulit karena membutuhkan proses tambahan sebelum fermentasi yaitu hidrolisis (Prihandana *et al.*, 2007). Hal ini sesuai dengan hasil kadar etanol maksimum yang dicapai pada penelitian ini yaitu 0,0451%v/v \pm 0,0098. Tetapi penelitian ini lebih besar jika dibandingkan hasil kadar maksimum dari penelitian Maulana *et al.*, (2010), yaitu 0,0165%v/v \pm 0,0044 dari *Caulerpa serrulata*.

Apabila dilakukan konversi perhitungan jumlah etanol per 100 gr berat kering dengan lama waktu inkubasi 72 jam. Dimana 100 gr berat kering rumput laut *S. duplicatum* akan menghasilkan 0,0571 ml etanol, dengan kadar etanol 0,0451%v/v \pm 0,0098.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan *S. duplicatum* dapat Kadar glukosa tertinggi pada *S. duplicatum* dicapai pada konsentrasi 0,4M yaitu 28,051 mg/ml \pm 1,100, sedangkan waktu hidrolisis dicapai pada waktu 120 menit yaitu 23,128 mg/ml \pm 6,069. Kadar etanol maksimum dicapai pada waktu inkubasi 72 jam yaitu 0,0451% v/v \pm 0,0098.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Dr.Ir. Ita Widowati, DEA dan Drs. Ali Ridlo, M.Si sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam menyelesaikan jurnal ilmiah ini serta semua pihak dan instansi yang telah memberikan bantuan dan fasilitas dalam penulisan jurnal ilmiah ini.

Daftar Pustaka

Cheng C. K., H.H. Hani dan K.S.K. Ismail. 2007. Production of Bioethanol From palm Empty Fruit Bunch. Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, University Malaysia Pahang, Kuantan Pahang, pp. 69-72

Devis, H.F. 2008. Bioetanol Berbahan Dasar Ampas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezzi*. (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 64 hlm

Fauzi, A.F. 2011. Pemanfaatan Buah Pepaya (*Carica papaya* L.) Sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi. (Skripsi). Program Diploma, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 75 hlm

Hambali, E. 2006. Partisipasi Perguruan Tinggi dalam Pengembangan Biodiesel dan Bioetanol di Indonesia. Workshop Nasional Bisnis Biodiesel dan Bioetanol di Indonesia, Jakarta, pp. 155-123

Harvey, M. and S. Pilgrim. 2010. Battles Over Biofuels in Europe: NGOs and The Politics of Markets. University of Essex, Sociological Research Online, 15(3):4-16

Irawan, D. dan Z. Arifin. 2012. Proses Hidrolisis Sampah Organik Menjadi Gula dengan Katalis Asam. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, *Berkala Ilmiah Teknik Kimia Volume 1*, No 1, April 2012:1-6

Maulana, P. 2010. Potensi Rumput Laut *Caulerpa serrulata* (Forsskal) J.Agardh, 1837 Sebagai Penghasil Bioetanol. (Skripsi), Universitas Diponegoro, Semarang, 100 hlm

Miller, G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for the Determination of Reducing Sugars. Anal Chem. 31: 426-428.

Prihandana, R., K. Noerwijari, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi dan R. Hendroko. 2007. Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan. Agro Media Pustaka, Jakarta, 193 hlm.

Putri, E., L. Surayya dan D. Sukandar. 2008. Konversi Pati Ganyong (*Canna edulis* Ker.) Menjadi Bioetanol Melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi. Jurusan Biologi, FMIPA, UNS Surakarta, Biodiversitas ISSN:1412-033x Volume 9 (2):112-116

- Riyanti, I.E. 2009. Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor, Jurnal Litbang Pertanian, 28 (3)
- Retmonando. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Biji Kelor (*Moringa oliefera* Lamk) dengan Metode Fermentasi Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Pengajarannya di SMA Negeri 1 Tanah Abang. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Palembang, 34 hlm
- Retno, T.D. dan W. Nuri. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN"Veteran" Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693-4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, pp. E1.1-1-7
- Sulistijo. 1998. Pengaruh Salinitas Terhadap Pertumbuhan Zygoterumput Laut *Sargassum*. Jour. Puslitbang Oseanologi-LIPI, Proceedings of the First Indonesian Seminar on Marine Biotechnology, Jakarta pp. 273-283.
- Supelco. 1996. An Integrated Method for Spectrum Extraction and Compound Identification from GC/MS Data. Mass Spectrometry Data Center, Physical and Chemical Properties Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899-8380, 30 hlm
- Suyandra, D.I. 2007. Pemanfaatan Hidrolisat Pati Sagu (*Metroxylon sp.*) Sebagai Sumber Karbon Pada Fermentasi Etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 75 hlm
- Taherzadeh, J., Mohammad and K. Karimi. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. University of Borås, Intr .J. Mol. Sci. 9:1621-1651
- Victor. 2010. Pembuatan Bioetanol dari Ubi Kayu (*Manihot utilisima* pohl) dengan Jamur *Aspergillus awamori* dan Ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 65 hlm
- Yulianto, K., S. Wouthuyzen, Sulistijo dan D. Hindarti. 2010. Percobaan Produksi Alginat dengan Teknologi 'Meshsize Filtration' dan Potensi Bahan Baku *Sargassum duplicatum* J. Agardh Serta Usaha Budidayanya. UPT Loka Pengembangan Kompetensi SDM Oseanografi Pulau Pari, LIPI, Jakarta, 60 hlm
- Yuniarsih, N.K. 2009. Pembuatan Bioetanol dari Dekstrin dan Sirup Glukosa Sagu (*Metroxylon sp.*) Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* Var. Ellipsoideus. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 70 hlm