

PRODUKSI BIOETANOL DARI PATI SORGUM DENGAN PENAMBAHAN TWEEN 80 DAN EKSTRAK *CORDYCEPS SINENSIS MYCELIUM*: VARIASI KONSENTRASI INOKULUM

Bonita Esther FS¹, Elvi Yenie², Sri Rezeki Muria²

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km12,5 Pekanbaru 28293

² Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km12,5 Pekanbaru 28293
bonitaestherfs19@yahoo.com

ABSTRACT

*Energy demands are still dependent on fossil fuels such as oil, coal and gas lead to the depletion of fossil resources (oil, natural gas, and coal). To overcome the dependence on fossil fuels, sorghum starch conversion into bioethanol as a renewable energy. In this research, sorghum starch saccharification process using enzymes α -amylase and glucoamylase and fermented by *Saccharomyces cerevisiae* using the method of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) with addition of tween 80 and *Cordyceps sinensis* mycelium extract as supplement. The purpose of this study was to determine the effect of inoculum concentration and time of the acquisition bioethanol fermentation, fermentation was conducted in a 2L fermentor with variations of fermentation time: 24, 48, 72, and 96 hours and concentrations inoculum 2% (w/v), and 2.5% (w/v) with the addition of tween 80 0,2% (v/v) and *Cordyceps sinensis* mycelium extract as much as 0.5 gr/l. The higher concentration of inoculum, the more the number of cells and the higher the bioethanol yield while the residual sugar content produced less and less at the end of fermentation. Sorghum starch fermentation process produces the best conditions on the inoculum concentration of 2.5% (w/v) and fermentation time 72 hours with bioethanol about 1,320 (%v/v).*

Key words: α -amylase, bioethanol, *cordyceps sinensis mycelium*, glucoamylase, *saccharomyces cerevisiae*, simultaneous saccharification and fermentation, tween 80

I. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan modren saat ini, energi sudah tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Pertumbuhan penduduk yang meningkat berdampak pada peningkatan konsumsi energi. Berbagai aktifitas manusia sangat bergantung pada ketersediaan sumber daya energi. Pemenuhan kebutuhan energi masih bergantung pada energi fosil, khususnya minyak bumi. Tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil terutama minyak bumi (47%), batubara (27%) dan gas (20%) akan menyebabkan cadangan sumber energi fosil semakin menurun. Sumber

daya fosil merupakan sumber daya energi yang tak terbarukan (*Non Renewable Energy*) yang apabila di eksplorasi secara terus menerus akan menipis. Dengan kondisi yang demikian diperlukan upaya pengembangan energi terbarukan (*Renewable Energy*) yang jumlahnya tidak terbatas salah satunya seperti bioetanol (Poernomo, 2014). Selain itu, penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) menimbulkan permasalahan lingkungan seperti ancaman pencemaran udara dan *global warming*. Oleh sebab itu, manusia dituntut lebih arif dalam menggunakan energi. Salah satu

upaya yang dilakukan adalah mensubsitisi bensin atau premium dengan bioetanol (Prihandana *et al*, 2008).

Bioetanol merupakan etanol yang diproduksi dari bahan baku hayati dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku (Hermawan, 2014). Bioetanol dapat dibuat dari tiga kelompok bahan baku yaitu bahan bergula, berpati dan berselulosa. Pemilihan bahan baku untuk memproduksi bioetanol perlu dilakukan, sehingga secara ekonomi akan menguntungkan, salah satunya dengan pemanfaatan bahan berpati, mengingat pati mempunyai kandungan gula tinggi. Pati merupakan polimer D-glukosa dan ditemukan sebagai karbohidrat simpanan dalam tumbuhan, contoh tumbuhan yang memiliki kadar pati yang tinggi adalah jagung, kentang, beras, sorgum, gandum dan singkong (Aderibigbe *et al*, 2013).

Sorgum merupakan tanaman yang mampu beradaptasi pada kisaran kondisi ekologi yang luas khususnya lahan marginal dan produktivitas tinggi. Sorgum dapat bertoleransi pada keadaan yang panas dan kering serta pada daerah yang bercurah hujan tinggi. Indonesia memiliki lahan pertanian yang luas dengan kondisi iklim kering yang sesuai untuk pertanaman sorgum. Tanaman sorgum berpotensi sebagai sumber bahan baku bioetanol yang lebih murah dan tidak bersaing dengan bahan pangan. Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] dipertimbangkan mampu menjadi sumber bahan baku yang bertahan dan dapat di perbaharui untuk memproduksi bioetanol (Barcelos *et al*, 2011).

Sorgum memiliki biji dengan komposisi pati 73,8%, yang potensial sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Dari hasil 4-6 t/ha biji dapat dihasilkan 3,6 ton tepung pati atau 1.800 liter etanol/ha (Marcia *et al*, 2012). Pati sorgum dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis (proses konversi karbohidrat menjadi glukosa) dan fermentasi. Metode hidrolisis dapat dilakukan dengan katalis asam dan secara enzimatis. Metode hidrolisis secara

enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan. Proses hidrolisis pati dilakukan dalam tiga langkah: gelatinisasi, likuifikasi dan sakarifikasi. Glukosa yang diperoleh selanjutnya dilakukan proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme.

Mikroorganisme merupakan jasad-jasad renik yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang namun dapat dilihat menggunakan mikroskop. Mikroorganisme yang dapat digunakan untuk fermentasi terdiri dari *yeast*, jamur dan bakteri. Pemilihan mikroorganisme dalam fermentasi perlu dilakukan dikarenakan karakteristik mikroorganisme spesifik terhadap produk yang dihasilkan. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan *yeast* yang umum digunakan pada proses fermentasi karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap alkohol serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang banyak (Apriwinda, 2013).

Penelitian ini akan memanfaatkan pati dari biji sorgum sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Proses produksi bioetanol dari pati sorgum dilakukan dengan proses sakarifikasi menggunakan enzim alfa-amilase dan glukamilse dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. Sedangkan konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil bioetanol yang diperoleh.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

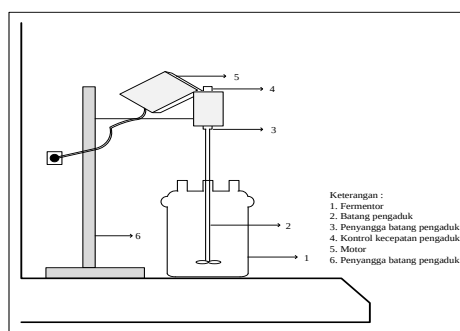
2.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Biji sorgum varietas numbu yang diperoleh dari pembibitan di UIN SUSKA Riau. *Yeast Sacharomyces cerevisiae* atau ragi kemasan Saf-Instant. Enzim α -*amylase* dan enzim *glukoamylase* yang merupakan produk dari Suntaq International Limited. Reagen Nelson-Somogyi, aquadest, HCl, NaOH, Tween 80,

ekstrak *Cordyceps sinensis mycelium*, glukosa, *yeast extract*, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (Urea) dan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (NPK).

2.1.2 Alat

Peralatan yang digunakan yaitu rangkaian alat fermentasi seperti ditampilkan pada Gambar 2.1 (reaktor 2 liter, pengaduk, motor pengaduk), autoklaf, erlenmeyer 250 ml, erlenmeyer 2000 ml, shaker, inkubator, timbangan analitik, pH meter, *rotary evaporator*, gelas piala 250 ml, labu ukur, pipet tetes, gelas ukur, alkoholmeter, tabung reaksi, sentrifugasi, pengayak 60-80 mesh, *hot plate magnetic stirrer*, *vortex mixer*, dan termometer serta alat analisa (spektrofotometer UV-VIS dan *Gas Chromatography*).



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.

1. Preparasi Biji Sorgum

Biji sorgum terlebih dahulu dipisahkan kulit dan bijinya dan dijemur dibawah sinar matahari. Biji tanpa kulit kemudian digunakan untuk proses fermentasi. Biji sorgum dibuat tepung, dengan cara digiling menggunakan mesin penggiling. Biji sorgum yang telah menjadi tepung kemudian di ayak. Ayakan yang digunakan berukuran 60-80 mesh.

2. Pembuatan Kurva Standar Glukosa

Kurva standar glukosa digunakan dalam penentuan konsentrasi glukosa dari substrat dengan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji et al, 1997). Kurva ini menyatakan hubungan antara absorbansi

dengan konsentrasi glukosa. Dengan kurva ini larutan yang mengandung gula (gula pereduksi) dapat diketahui konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak.

3. Tahap Sterilisasi

Alat-alat yang akan digunakan pada proses pembuatan, penyiapan starter dan proses fermentasi harus disterilasi terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya kontaminasi yang dapat mempengaruhi hasil fermentasi. Sterilisasi dilakukan pada suhu 121°C selama 15 menit dengan menggunakan autoklaf (Pelczar dan Chan, 2005).

4. Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum yaitu dengan menggunakan glukosa 4 gram dan ditambahkan aquades hingga 200 ml, selanjutnya NPK 0,1 gram, urea 0,08 gram dan *yeast extract* 0,2 gram ditambahkan kedalam larutan glukosa. pH media inokulasi sama dengan medium yang akan difermentasikan yaitu 4,5. Larutan tersebut disterilkan dalam *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C . Kemudian media inokulasi didinginkan sampai suhu kamar. Selanjutnya 20 g/l *yeast (Saccharomyces cerevisiae)* ditambahkan kedalam media inokulasi dan diaduk hingga merata (homogen). Kemudian campuran medium dan *yeast* dikocok dengan *shaker* pada suhu kamar selama 24 jam.

5. Pembuatan Medium Fermentasi(substrat)

a. Proses Gelatinisasi

Pati sorgum ditimbang seberat 120 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 2000 ml. Selanjutnya kedalam erlenmeyer ditambahkan air hingga volume 1800 ml dan diaduk. Selanjutnya medium dipanaskan hingga suhu 90°C selama 15 menit untuk proses gelatinisasi. Medium yang telah digelatinasi didinginkan hingga suhu kamar dan di cek pH-nya yaitu 6. Selanjutnya kedalam medium ditambahkan NPK 0,9 gram, urea 0,72 gram, *yeast extrac* 1,8 gram, Tween 80

4 ml. Setelah penambahan nutrisi, medium disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit, lalu dinginkan sampai suhu kamar (Pelczar dan Chan, 2005).

b. Likuifikasi dan Presakarifikasi Medium Fermentasi

Pada tahap likuifikasi, ke dalam medium yang telah digelatinisasi ditambahkan enzim α -amylase sebanyak 0,03 gr dan dilakukan proses likuifikasi selama 1 jam dengan temperatur 60°C. Setelah proses likuifikasi selama 1 jam, pH medium di cek yaitu 4,6. Kemudian ke dalam medium ditambahkan enzim *glukoamylase* sebanyak 0,8 gram dan dilakukan pre-sakarifikasi selama 1 jam dengan temperatur 40°C. Selama proses likuifikasi dan pre-sakarifikasi dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 250 rpm (Nadir dkk, 2010). Medium pati sorgum yang telah dipre-sakarifikasi, dianalisa konsentrasi gula awal yang terbentuk dengan dengan metode Nelson-Somogyi menggunakan spektrofotometer sinar tampak, kemudian di cek pHnya yaitu 4,5.

6. Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan

Proses sakarifikasi dan fermentasi dilakukan dilakukan dengan cara menambahkan ekstrak *Cordyceps sinensis mycelium* 1 gram dan inokulum dengan variasi konsentrasi 2,0%, dan 2,5% kedalam fermentor yang berisi medium fermentasi yang sebelumnya telah di pre-sakarifikasi. Fermentor yang digunakan adalah labu fermentor yang berukuran 2 liter. Sakarifikasi dan fermentasi simultan dilakukan pada suhu kamar 25-30°C. Waktu fermentasi divariasikan pada 24, 48, 72 dan 96 jam untuk mengamati pengaruh waktu fermentasi terhadap bioetanol yang dihasilkan. Untuk setiap variasi, sampel diambil untuk di analisa konsentrasi gula substrat dengan menggunakan spektrofotometer dan analisa konsentrasi bioetanol dengan menggunakan *Gas Chromatography*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Inokulum Yeast

Variabel berubah pada penelitian ini adalah konsentrasi inokulum. Dengan konsentrasi inokulum *Saccharomyces cerevisiae* yang berbeda, maka konsentrasi sel *Saccharomyces cerevisiae* yang dihasilkan juga berbeda. Untuk memastikan inokulum yang digunakan pada proses fermentasi terdapat mikroorganisme (*Saccharomyces cerevisiae*) perlu dilakukan analisa inokulum. Penentuan OD dilakukan dengan cara analisa spektrofotometri. Prinsip kerja dari spektrofotometri adalah analisa turbidimetri, yaitu menganalisa konsentrasi suatu zat berdasarkan kekeruhannya yang dibandingkan dengan sampel blanko. Analisa dilakukan dengan cara mengambil data absorbansi dengan panjang gelombang (λ) 600 nm. Panjang gelombang ini digunakan untuk menganalisa konsentrasi sel *yeast*. Setelah dilakukan pengujian, diperoleh nilai OD untuk inokulum *yeast Saccharomyces cerevisiae* pada Tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Nilai *Optical Density* (OD) *yeast* Inokulum

Konsentrasi Inokulum (%)	Nilai OD
2	0,663
2,5	0,675

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inokulum maka nilai OD cenderung meningkat, OD yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi inokulum 2,5% sebesar 0,675 menandakan bahwa jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* atau pertumbuhan sel terjadi paling banyak pada variasi ini. Hal ini juga akan berpengaruh pada hasil bioetanol yang akan diperoleh pada proses fermentasi.

3.2 Hidrolisis Pati Sorgum

Subtrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati dari biji sorgum. Menurut Hermawan (2014) biji sorgum

mengandung pati dengan persentasi karbohidrat sebesar 73,8%, yang dapat dikonversi menjadi bioetanol. Menurut Axelson (2011) hidrolisis menggunakan enzim lebih efisien karena enzim bekerja lebih spesifik dan dapat berlangsung dibawah kondisi hidrolisis menggunakan asam serta penanganan utilitasnya lebih murah. Hidrolisis pati sorgum menjadi glukosa dilakukan dengan menggunakan enzim alfa-amilase dan enzim glukoamilase. Setelah dipre-sakarifikasi, konsentrasi glukosa awal yang dihasilkan dianalisa konsentrasinya menggunakan metode Nelson-Samogyi dengan alat spektrofotometer.

Tabel 3.2. Konsentrasi glukosa awal pati sorgum

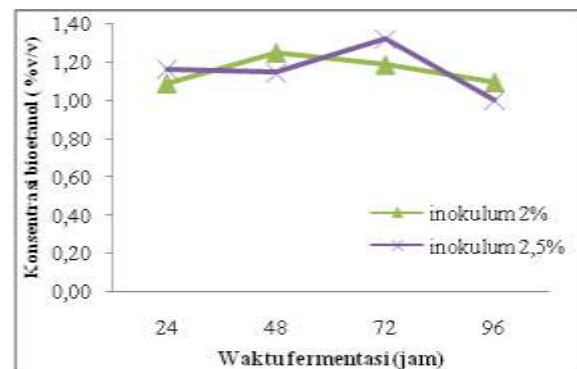
Perlakuan	Konsentrasi (%v/v)
Medium fermentasi inokulum 2%	1,455
Medium fermentasi inokulum 2,5%	1,511
Rata-rata	1,450

Konsentrasi glukosa awal dari pati sorgum dari data pada Tabel 3.2 memiliki nilai yang berbeda yang tidak terlalu signifikan. disetiap perlakuan. Perbedaan pada konsentrasi glukosa awal pada masing-masing perlakuan disebabkan karena hidrolisis pati sorgum dilakukan tidak dalam waktu bersamaan dan jika dirata-ratakan diperoleh konsentrasi glukosa awal 1,450 (%v/v).

3.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Sampel hasil fermentasi terlebih dahulu di *rotary evaporator* untuk memisahkan impuritis dari hasil fermentasi. Konsentrasi bioetanol ditentukan dengan analisa menggunakan alat *Gas Chromatography*. Data yang diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk hubungan waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol. Konsentrasi

bioetanol yang diperoleh pada masing-masing variabel penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hubungan Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol

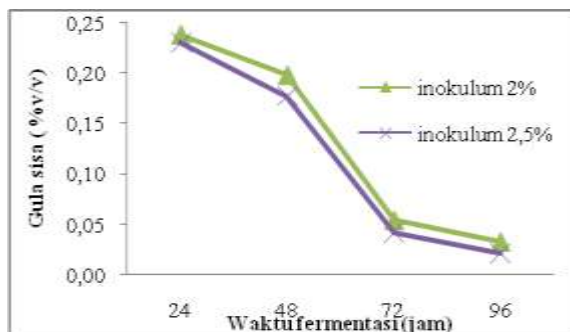
Pada Gambar 3.1 diatas terlihat bahwa konsentrasi bioetanol yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi inokulum, konsentrasi bioetanol tertinggi diperoleh pada penambahan konsentrasi inokulum 2,5% yaitu 1,32 (%v/v) pada waktu fermentasi 72 jam. Pada Gambar 3.1 terlihat pada variasi inokulum 2%, dan 2,5% terdapat trend yang sama pada grafik, diman awalnya semakin lama waktu fermentasi konsentrasi bioetanol semakin meningkat hingga tercapai kondisi terbaiknya dan terjadi penurunan konsentrasi bioetanol saat fermentasi dilanjutkan. Meningkatnya perolehan bioetanol terhadap lamanya waktu fermentasi disebabkan karena semakin lama waktu fermentasi maka aktivitas ragi semakin tinggi dalam mengkonversi glukosa menjadi bioetanol.

Meningkatnya volume inokulum berkaitan dengan kecepatan pertumbuhan sel (Zhang, 2011). Semakin besar konsentrasi inokulum semakin banyak jumlah sel dalam inokulum maka konsentrasi bioetanol yang dihasilkan juga semakin tinggi, hal ini disebabkan enzim yang dihasilkan banyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Sevda dan Rodrigues (2011), perbedaan konsentrasi inokulum mempengaruhi kecepatan fermentasi. Konsentrasi inokulum yang lebih besar

lebih cepat mencapai akhir fermentasi. Ketika konsentrasi dari *yeast* inokulum meningkat *yeast* mengubah banyak glukosa menjadi bioetanol, namun pada konsentrasi inokulum yang lebih tinggi *yeast* tidak memanfaatkan gula untuk diubah menjadi bioetanol. Untuk mempertahankan pertumbuhan *yeast* dalam kondisi anaerob di dalam medium selama menghasilkan bioetanol juga ditambahkan tween 80 dan ekstrak *Cordyceps sinensis mycelium* yang di dalamnya terdapat ergosterol. Dalam kondisi ketiadaan oksigen atau anaerob, *yeast* tidak dapat mensintesis asam lemak tak jenuh atau ergosterol. Asam lemak tak jenuh dan ergosterol merupakan komponen penyusun penting dari membran sel. Jumlah asam lemak tak jenuh akan menurun ketika sel yang sebelumnya tumbuh dalam keadaan aerob (inokulum) dipindahkan ke keadaan anaerob tanpa ada penambahan ergosterol dan asam lemak (Verduyn *et al*, 1989).

3.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Glukosa Sisa Fermentasi

Pada penelitian ini *Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk mengkonversi glukosa dari hidrolisis pati sorgum menjadi bioetanol. Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan analisa glukosa sisa.



Gambar 3.2 Hubungan Konsentrasi Gula Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Dari Gambar 3.2 glukosa yang dihasilkan menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi inokulum maka jumlah

glukosa yang dikonsumsi semakin banyak. Pada proses *simultaneous saccharification and fermentation*, glukosa yang dihasilkan dari proses sakarifikasi medium fermentasi langsung dikonversi menjadi bioetanol dan juga digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon (C) yang digunakan oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk membentuk materi penyusun sel baru. Adanya variasi pada konsentrasi glukosa sisa pada akhir fermentasi disebabkan karena glukosa yang dihasilkan selama proses SSF berbeda-beda selain itu adanya variasi konsentrasi inokulum juga mempengaruhi konsentrasi gula sisa. Semakin tinggi konsentrasi inokulum maka glukosa reduksi yang dihasilkan pada akhir fermentasi semakin sedikit yaitu terlihat pada konsentrasi inokulum 2,5% (b/v), dengan glukosa reduksi yang tersisa sebesar 0,022 (%v/v).

Konsentrasi inokulum berpengaruh terhadap glukosa yang dikonsumsi. Semakin tinggi konsentrasi inokulum maka semakin banyak sel dan semakin banyak enzim yang dihasilkan sehingga semakin banyak glukosa yang terkonversi menjadi bioetanol. Konsentrasi glukosa yang semakin menurun seiring berjalannya waktu fermentasi disebabkan karena glukosa yang tersedia setiap waktunya terkonversi menjadi bioetanol akibat dari aktivitas sel *yeast* dan juga digunakan untuk makanan sel ragi dalam mempertahankan hidupnya dan bereproduksi (Kurniawan *et al*, 2012).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi maksimum dari fermentasi pati sorgum ini adalah pada variabel penambahan inokulum 2,5% dan waktu fermentasi 72 jam dengan perolehan konsentrasi bioetanol sebesar 1,320 (%v/v).

DAFTAR PUSTAKA

Aderibige, F.A., A.L. Adejumo, R.U. Owolabi dan A.N. Anozie. 2013. Optimazation of Enzimatic Hydrolysis

- of *Manihot esculenta* Root Starch by α -Amylase and Glucoamylase Using Response Surface Methodology. *Chemical and Process Engineering Research*, 9.
- Apriwinda. 2013. *Studi Fermentasi Nira Batang Sorgum Manis (Sorghum Bicolor (L) Moench) Untuk Produksi Etanol*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Axelsson, J. 2011. *Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce*. Master's Thesis. Linköping University.
- Barcelos, C.A., R.N Maeda, G.J.V Betancur dan N.Pereira Jr. 2011. Ethanol Production From Sorghum Grains [*Sorghum bicolor (L) Moench*]: Evaluation Of The Enzymatic Hydrolysis And Hydrolysate Fermentability. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(4):597-604.
- Hermawan, R. 2014. *Usaha Budidaya Sorgum*. Pustaka Baru Press, Yogyakarta.
- Kunaepah, U. 2008. *Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah*. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kurniawan, R., S.Juhanda., Melati Septiyanti., Yufithia Resgiaty. 2012. Produksi Etanol Secara Continue dengan Sel Tertambat Menggunakan Bioreactor Tower Fluidized Bed. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan* 2012. ISSN: 1693-4393.
- Marcia, B., M. Aqil dan S. Mas'ud. 2012. Kajian Sumber Bahan Bakar Nabati Berbasis Sorgum Manis. *IPTEK Tanaman Pangan*, 7(2): 123-129.
- Meenakshi A dan Kumaresan R. 2014. A Review of Production of Ethanol from Corn. *International Journal of Engineering Science and Research Technology* 3(1): 64-71.
- Nadir, N., M. Mel., M.I.A. Karim., dan F.M. Yunus. 2009. Comparison of Sweet Sorghum and Cassava for Ethanol Production by Using *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Science*, 9(17):3068-3073.
- Otulugbu, Kingsley. 2012. *Production of Ethanol From Cellulosa (Sawdust)*. Degree Thesis Plastic Technology, Arcada University of Applied Science.
- Pemerintah Provinsi Riau. 2011. *Profil: Konservasi Sumberdaya Alam dan Keanekaragaman Hayati Riau*. Riau: Badan Lingkungan Hidup.
- Poernomo, A. 2014. *Prospek Panas Bumi Untuk Mendukung Ketahanan Energi*. Dewan Energi Nasional. Pekanbaru.
- Prihandana, R.K. Noerwijari, P.G. Adinuraini, D.Setyaningsih. Setiadi, S. dan R. Hendroko. 2008. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Sevda SB dan Rodrigues L. 2011. Fermentative Behavior of *Saccharomyces* Strains During Guava (*Psidium Guajava L*) Must Fermentation and Optimization of Guava Wine Production. *J Food Process Technol* 2(4).
- Sharma, Naresh., K.L. Kaira., Harinder S dan Sunil B. 2007. Optimization of fermentation parameters for production of ethanol from kinnow waste and banana peels by simultaneous saccharification and fermentation. *Indian Journal Microbiol* 47: 310-316.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta.

- Verduyn, C., Erik P., W. Alexander S., and Johannes P. Van Duken. 1989. Physiology of *Saccharomyces cerevisiae* in Anaerobic Glucose-limited Chemostat Cultures. *Journal of General Microbiology*, 136: 393-403.
- Zhang, Liang., Hai Z., Mingzhe G., Yanlin J., Xiaofeng G., Qian C., Jiafa G., Zhongyan W. 2011. Application of simultaneous saccharification and fermentation (SSF) from viscosity of raw sweet potato for bioethanol production at laboratory, pilot and industrial scales. *Bioresource Technology* 102: 4573-4579.