

**FERMENTASI NIRA NIPAH SKALA PILOT MENJADI BIOETANOL
MENGGUNAKAN *Saccharomyces cerevisiae* DENGAN
PENAMBAHAN TWEEN 80 DAN ERGOSTEROL**

Rafly, Chairul, Silvia Reni Yenti

Laboratorium Teknologi Bioproses
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email: rafly@student.unri.ac.id, rafly.unri@gmail.com

ABSTRACT

*Ethanol consumption of the world for a variety of uses has increased very significantly in recent years. Therefore it is necessary to alternate sources of raw materials to manufacture bioethanol and bioethanol production can be increased. Nypa sap is one of potential materials to be processed into bioethanol. This research was conducted the pilot scale fermentation of nypa sap, using Tween 80 and ergosterol as suplement to obtain high concentration of bioethanol as well as prevent osmosis in cells. This work is aimed to study of bioethanol pilot scale production from nypa sap, to determine effect of fermentation time to bioethanol and to obtain maximum conditions on the process. And to determine effect of Tween 80 and ergosterol. Fermentation was conducted in 70 L fermentor having variations of fermentation time such as 24; 36; 48; 60; 72; 84 and 96 hours respectively, variations addition of Tween 80 of 250; 375; and 500 ml respectively, and ergosterol of 25; 37,5; and 50 gr. Stirring speed of 200 rpm and temperature of fermentation at room temperature (25 - 30°C). Ethanol concentration was analyzed by using Gas Chromatography. Tween 80 and ergosterol effect on the activity of *Saccharomyces cerevisiae* in converting nypa sap into bioethanol. The process of fermentation maximum conditions indicated in the addition of Tween 80 [375 ml] and ergosterol [37,5 g] at the time of 84 hours having the initial sugar concentration of 258,641 mg/ml. Concentration bioethanol obtained in this condition at 16,602% (v/v) or 131.040 mg/ml.*

Keywords: Bioethanol, Ergosterol, Nypa sap, *saccharomyces cerevisiae*, Tween 80

I. PENDAHULUAN

Energi pada saat ini menjadi perhatian khusus karena ketersediaannya yang semakin terbatas. Kebutuhan dunia akan minyak bumi semakin meningkat. Tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi (sekitar 47%), batubara (sekitar 27%) dan gas (sekitar 20%) mengakibatkan pengurasan terhadap sumber daya fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara) (Poernomo, 2014). Tingginya konsumsi energi dari bahan bakar fosil ditambah dengan meningkatnya impor bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan perkembangan

ekonomi nasional menimbulkan krisis ekonomi dan energi. Penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak terhadap kerusakan lingkungan dengan tingginya emisi gas buang kendaraan yang berbahaya terhadap kesehatan (Hadi, 2013).

Dengan kondisi permasalahan tersebut dengan memperhatikan aspek ekonomi, lingkungan hidup, dan pemanfaatan sumber daya alam yang berlanjut ketersediannya maka perlu dieksplorasi penelitian dan pengembangan menggali sumber energi baru dan

terbarukan (*new and renewable energy*), salah satunya adalah energi biomassa yaitu bioetanol dari penyadapan nira hutan *mangrove* nipah sebagai potensi wilayah pesisir pantai.

Kelebihan nipah dibandingkan tanaman penghasil bioetanol yang lain antara lain tanaman nipah dapat memproduksi nira 20 ton/hektar atau 14.300 liter etanol per hektar dua kali lebih besar dibandingkan tebu (Smith, 2006). Penggunaan nira nipah sebagai bahan baku pembuatan bioetanol lebih prospektif dan potensial. Nira nipah memiliki komposisi kimia sebesar 19,5 wt% berupa sukrosa, glukosa, dan fruktosa (Tamuinaidu et al, 2012).

Perkembangan bioetanol di Indonesia saat ini cukup menjadi perhatian. Sudah banyak dilakukan penelitian-penelitian tentang pembuatan bioetanol dari berbagai bahan baku biomassa pada skala laboratorium. Oleh karena itu, ada baiknya hasil penelitian skala laboratorium dikembangkan menjadi skala yang lebih besar dengan melakukan penelitian pada skala pilot. Hal ini penting dilakukan untuk memberikan data proses yang optimum dan memberikan data perancangan pabrik bioetanol skala industri.

Irsyad (2013) melakukan proses fermentasi nira nipah menjadi bioetanol pada skala 50 liter sebagai acuan untuk skala industri menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae* dan didapat hasil fermentasi dengan kondisi optimum pada pH 4,5 dan waktu fermentasi 36 jam dengan perolehan *yield* sebesar 97,898 %. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh sebesar 14 % (v/v) atau 112,875 mg/ml. Namun ada masalah yang dihadapi dalam proses produksi bioetanol secara fermentasi adalah terjadinya inhibisi produk bioetanol ke dalam sel *yeast*. Produk bioetanol yang terakumulasi dalam fermentor akan berpengaruh terhadap pertumbuhan *yeast*, misalnya bioetanol akan merusak membran plasma, denaturasi protein, dan terjadinya perubahan profil

suhu pertumbuhan. Hal-hal tersebut dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan mikroba sehingga akan menurunkan produktivitas. Pada konsentrasi alkohol 15% mikroba tidak dapat tumbuh (Bulawayo, 1996). Maka perlu adanya penambahan *Tween 80* dan ergosterol yang dapat meningkatkan kinerja sel dalam menghasilkan etanol dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

Tween 80 dan ergosterol merupakan asam lemak tak jenuh dan sterol yang relatif mudah didapat. Sterol (ergosterol) berperan penting bagi pertumbuhan dan metabolisme ragi. Senyawa ini juga dapat meningkatkan toleransi stres ragi untuk kondisi seperti tekanan osmotik yang tinggi dan toleransi bioetanol yang tinggi dalam sel ragi (Odumeru et al., 1992). Sementara *Tween 80* berperan mempercepat penyerapan sterol (ergosterol) kedalam membran plasma, pertumbuhan, dan penyerapan glukosa (Odumeru et al., 1992). *Tween 80* juga berperan sebagai surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan cairan di sekitar sel *Saccharomyces cerevisiae* sehingga media fermentasi yang kental tidak memberikan efek negatif pada sel (Feng et al, 2006). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses fermentasi nira nipah skala pilot dengan volume fermentor 70 liter menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, serta melihat potensi suplemen *Tween 80* dan ergosterol dalam upaya mengoptimalkan proses fermentasi nira nipah menjadi bioetanol. Hal ini penting dilakukan untuk memberikan data proses perolehan konsentrasi etanol dari nipah yang lebih tinggi dan memberikan data perancangan pabrik bioetanol skala industri.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

2.1.1 Bahan

Bahan baku pada penelitian ini adalah nira nipah yang didapat dari Desa Rantau Panjang Kiri Kecamatan Kubu Kabupaten Rokan Hilir Provinsi

Riau. Mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan merupakan produk dari *Saf-Instant, yeast extract, Tween 80* dan ergosterol sebagai suplemen. Bahan kimia yang digunakan antara lain reagen Nelson-Somogyi, Urea, NPK, NaOH, H_2SO_4 , dan aquadest

2.1.2 Alat

Peralatan yang digunakan yaitu rangkaian alat fermentasi seperti ditampilkan pada Gambar 2.1 (fermentor 70 liter, pengaduk, motor pengaduk), *sterilizer*, inkubator, erlenmeyer, gelas piala, labu ukur, gelas ukur, timbangan digital, pipet, dan tabung reaksi serta alat analisa (spektrofotometer UV-VIS dan *Gas Cromatography*).



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira nipah. Nira nipah hasil penyadapan dilakukan pemanasan untuk mencegah nira nipah supaya tidak menjadi asam dan juga untuk menguapkan sebagian air yang masih banyak terkandung dalam nira nipah.

2. Pembuatan Kurva Standar

Kurva standar glukosa digunakan dalam penentuan konsentrasi glukosa dari substrat dengan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji, 1997). Kurva ini menyatakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi glukosa. Dengan kurva ini larutan yang mengandung gula (gula

pereduksi) dapat diketahui konsentrasi dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak.

3. Sterilisasi Peralatan

Alat-alat yang akan digunakan pada proses pembuatan, penyiapan *starter* dan proses fermentasi harus disterilisasi terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya kontaminasi yang dapat mempengaruhi hasil fermentasi. Sterilisasi dilakukan pada suhu 121°C selama 15 menit dengan menggunakan *sterilizer*. Peralatan yang terbuat dari plastik disterilkan dengan cara menyemprotnya dengan alkohol 98%.

4. Penyiapan Starter

Pembuatan *starter* yaitu dengan menyiapkan nira nipah 5 liter dari medium fermentasi. Selanjutnya tambahkan nutrisi dengan kadar 1 g/l *yeast extract*; 0,4 g/l Urea dan 0,5 gr/l NPK kedalam medium pengembang (*starter*) dan diaduk hingga merata (homogen). *Starter* yang digunakan sama dengan medium yang akan difermentasikan dengan pH 4,5. Larutan tersebut disterilkan dalam *sterilizer* selama 15 menit pada suhu 121°C. Kemudian *starter* didinginkan sampai suhu kamar. Selanjutnya ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 75 gram dan di inkubasi dalam inkubator selama 24 jam.

5. Penyiapan Medium Fermentasi

Medium fermentasi nira nipah yang dianalisa konsentrasi gulanya dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak. Medium fermentasi ditambahkan nutrisi dengan kadar 1 g/l *yeast extract*; 0,4 g/l Urea dan 0,5 gr/l NPK, lalu diaduk hingga merata (homogen), kemudian di cek pH 4,5. Selanjutnya medium fermentasi disterilkan dalam *sterilizer* pada suhu 121°C selama 15 menit, lalu dinginkan sampai suhu kamar.

6. Proses Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan cara menambahkan sejumlah *starter* dan penambahan *Tween 80* dengan variasi (250 ml; 375 ml; 500 ml) serta ergosterol

dengan variasi (25 gr; 37,5 gr; 50 gr) kedalam medium fermentasi, perbandingan yang digunakan adalah 10% volum *starter* terhadap volum total cairan yaitu 50 L. Fermentasi dilakukan didalam biofermentor dengan kapasitas 70 L pada suhu kamar (25-30 °C). Waktu fermentasi divariasikan pada 24, 36, 48, 60, 72, 84, dan 96 jam untuk mengamati pengaruh waktu fermentasi terhadap etanol yang dihasilkan.

7. Proses Pemisahan

Pemisahan bioetanol dari sampel dilakukan dengan menggunakan alat *Rotary vakum evaporator*.

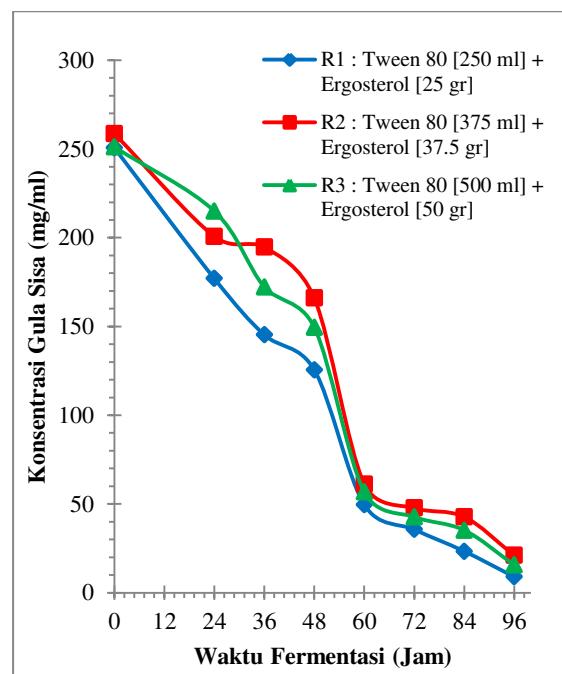
8. Analisa Konsentrasi Bioetanol

Setelah proses fermentasi, dilakukan pemisahan bioetanol dan air dari campuran media fermentasi. Proses ini dilakukan untuk mengambil bioetanol dari hasil fermentasi. Selanjutnya konsentrasi bioetanol hasil fermentasi dianalisa menggunakan *Gas Cromatography*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gula Sisa Hasil Fermentasi

Proses fermentasi nira nipah menggunakan *yeast* *Saccharomyces cerevisiae* pada skala pilot dilakukan secara *batch* tetapi dengan pengambilan sampel secara *kontinu* dengan variasi penambahan *Tween 80* dan Ergosterol serta waktu fermentasi. Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan analisa terhadap konsentrasi gula sisa dengan metode Nelson-Somogyi. Tujuan dari analisa ini adalah untuk melihat efektifitas mikroorganisme dalam mengkonversi gula (substrat) menjadi bioetanol (produk). Konsentrasi gula sisa, gula yang habis selama proses pada masing-masing kondisi proses fermentasi ditunjukkan pada Gambar 3.1.

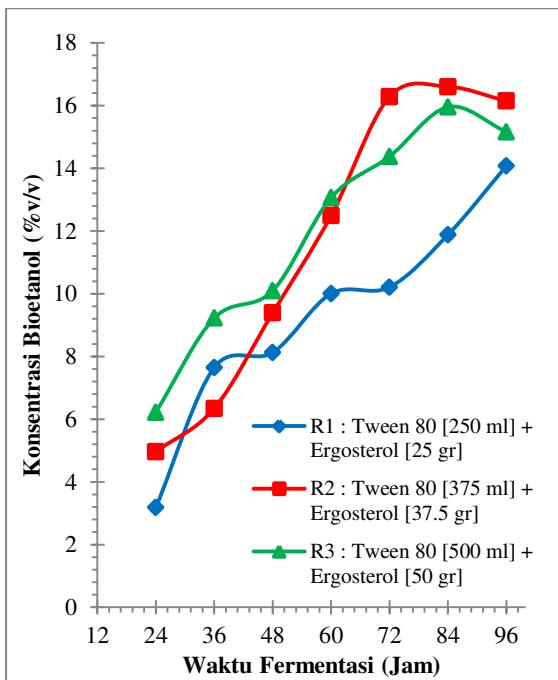


Gambar 3.1 Hubungan *Tween 80*, Ergosterol dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gula Sisa Hasil Fermentasi

Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi gula yang ada semakin berkurang. Konsentrasi gula yang semakin menurun seiring berjalannya waktu fermentasi disebabkan karena gula yang tersedia setiap waktunya terkonversi menjadi bioetanol akibat dari aktivitas sel ragi dan juga digunakan untuk makanan sel ragi dalam mempertahankan hidupnya dan bereproduksi (Kurniawan et al, 2012).

3.2 Pengaruh Variasi *Tween 80*, Ergosterol dan Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Bioetanol

Data hasil fermentasi yang diperoleh menggunakan alat GC (*Gas Chromatography*) bioetanol ditampilkan dalam variasi penambahan *Tween 80* dan Ergosterol terhadap konsentrasi bioetanol hasil fermentasi. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing-masing variabel penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Hubungan Tween 80, Ergosterol dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol (% v/v) yang dihasilkan

Berdasarkan dari Gambar 3.2 dapat dilihat konsentrasi bioetanol selama proses fermentasi yang dihasilkan selama 96 jam terakumulasi secara signifikan. Konsentrasi bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat hingga mencapai kondisi tertinggi dan terjadi penurunan di akhir fermentasi pada perlakuan R2 dan R3. Hal ini diduga terjadinya degradasi bioetanol menjadi asam asetat sehingga bioetanol yang dihasilkan menurun di akhir fermentasi. Terbentuknya asam asetat ditandai oleh menurunnya pH di akhir fermentasi. Pada perlakuan R1 konsentrasi bioetanol cenderung meningkat hingga akhir fermentasi. Tingginya konsentrasi bioetanol di akhir fermentasi pada perlakuan R1 disebabkan akumulasi bioetanol yang dihasilkan pada waktu sebelumnya dan tidak terjadinya reaksi lanjut bioetanol menjadi asam asetat.

Tween 80 dan ergosterol juga berperan dalam meningkatkan ketahanan sel mikroba dalam medium fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar yang lebih tinggi. Penambahan

Tween 80 pada medium fermentasi dapat meningkatkan kemampuan membran sel untuk bertahan dari peristiwa osmosis (Tren et al, 2010). Ergosterol dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, kegiatan fermentasi, dan etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi (Chen et al, 1990).

Dengan penambahan Tween 80 dan ergosterol membantu proses fermentasi dalam meningkatkan produk yang diharapkan yaitu bioetanol dan penurunan kadar gula yang cukup drastis. Ergosterol memberi peranan penting dalam regulasi osmotick, penyerapan nutrient, sekresi, biosintesis dinding sel dan komponen utama membran plasma fungi dan khamir (Dawes dan Sutherland, 1992 dalam Daecon., 1997). Berdasarkan pernyataan Draphco et al. (2008) bioetanol merupakan hasil perombakan gula dari proses glikolisis yang dilakukan oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

Berdasarkan Gambar 3.2 tersebut dapat diketahui bahwa waktu maksimum fermentasi secara batch pada media nira nipah skala pilot dengan penambahan Tween 80 dan Ergosterol pada variasi R1 diperoleh konsentrasi bioetanol tertinggi selama 92 jam, sedangkan pada variasi R2 dan R3 diperoleh konsentrasi bioetanol tertinggi selama 84 jam. Namun dari variasi R1, R2, dan R3 konsentrasi bioetanol tertinggi yang diperoleh pada waktu fermentasi 84 jam pada variasi R2. Konsentrasi bioetanol tertinggi yang diperoleh dari fermentasi nira nipah pada variasi R2 dengan penambahan Tween 80 [375 ml] dan Ergosterol [37,5 gr] adalah sebesar 16,602% (v/v) atau 131,040 mg/ml. Sedangkan pada variasi R3 penambahan Tween 80 [500 ml] dan Ergosterol [50 gr] dengan konsentrasi bioetanol sebesar 15,956% (v/v) atau 125,941 mg/ml, dan pada variasi R1 penambahan Tween 80 [250 ml] dan Ergosterol [25 gr] dengan konsentrasi bioetanol sebesar 14,075% (v/v) atau 96,417 mg/ml.

Tingginya konsentrasi bioetanol pada variasi R2 di bandingkan fermentasi dengan variasi lainnya, hal ini kemungkinan di sebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya konsentrasi gula awal pada variasi R2 lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya, pada perlakuan R2 suplemen yang ditambahkan lebih banyak daripada R1 dan lebih sedikit daripada R3, hal ini kemungkinan disebabkan pada variasi R3 suplemen yang ditambahkan ke dalam medium fermentasi terlalu berlebihan sehingga sel tidak dapat mengikat dan memanfaatkan suplemen *ergosterol* dengan baik dalam memproduksi etanol kemungkinan lainnya karena pada penelitian ini tidak di lakukan pengulangan pada semua media

fermentasi. Jadi, pada variasi R2 dengan penambahan *Tween 80* [375 ml] dan *Ergosterol* [37,5 gr] menjadi efisien yang menghasilkan etanol tertinggi di bandingkan yang lainya.

3.3 Perbandingan Produksi Bioetanol dengan Proses Fermentasi Pada Beberapa Variasi

Perbandingan produktifitas fermentasi nira nipah menjadi bioetanol dengan penelitian terdahulu dalam menghasilkan bioetanol dari variabel berubah, volume fermentasi, konsentrasi gula awal, konsentrasi bioetanol, *yield* dan waktu fermentasi menghasilkan konsentrasi tertinggi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Perbandingan Produksi Bioetanol dengan Proses Fermentasi Nira Nipah Pada Beberapa Variasi dengan Penelitian Lainnya (Mikroorganisme yang Berperan *Saccharomyces cerevisiae*)

| Variabel Berubah | Volume Fermentasi Liter | Konsentrasi Gula Awal mg/ml | Konsentrasi Biotanol % | Yield Bioetanol mg/ml | Waktu (Jam) | Peneliti |
|---|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| <i>Tween 80 + Ergosterol (250 ml + 25 gr; 375 ml + 37,5 gr; dan 500 ml + 50 gr)</i> | | | | | | |
| | 50 | 258,641 | 16,602 | 131,040 | 99,342 | 84 |
| <i>pH awal (4,5; 5,0; 5,5)</i> | | | | | | |
| | 50 | 221,163 | 14 | 110,502 | 97,969 | 36 |
| <i>Nutrisi (KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, dan (NH₄)₂SO₄)</i> | | | | | | |
| | 50 | 205,28 | 13 | 104,460 | 98,01 | 60 |
| <i>Volume starter (10%; 15%; dan 20%)</i> | | | | | | |
| | 8 | 221,499 | 12 | 94,716 | 96,990 | 48 |
| <i>Tween 80 + Ergosterol (5 ml + 0,5 gr; 10 ml + 1 gr; 15 ml + 1,5 gr; dan 20 ml + 2 gr)</i> | | | | | | |
| | 2 | 317,52 | 20,47 | 125,940 | - | 72 |
| | | | | | | Rezky (2014) |

Dari Tabel 3.1, konsentrasi gula awal yang tertinggi diperoleh dari nira nipah yaitu sebesar 258,641 mg/ml dan *yield* bioetanol tertinggi dihasilkan dari fermentasi nira nipah yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu sebesar 99,342%. Jika dibandingkan dengan penelitian Irsyad (2013), Yerry (2006), dan Sodiq (2011), perolehan bioetanol pada penelitian ini

lebih banyak. Dimana pada penelitian ini dihasilkan bioetanol dengan kadar tertinggi 16,602% atau 131,040 mg/ml sedangkan penelitian lainnya yaitu 14%(v/v) atau 110,502 mg/ml, 13 %(v/v) atau 104,460 mg/ml dan 12% (v/v) atau 94,716 mg/ml.

Melihat profil Tabel 3.1 berbagai variasi yang digunakan pada penelitian

Irsyad (2013), Yerry (2006), dan Sodiq (2011) tanpa adanya penambahan *Tween* 80 dan ergosterol dapat memberikan gambaran bioetanol adalah bahan kimia yang dapat memperlambat atau menghentikan pertumbuhan mikroorganisme, hal ini dikarenakan bioetanol dapat merusak membran plasma, denaturasi protein, dan terjadinya perubahan profil pertumbuhan, dimana produksi bioetanol mengalami penurunan setelah mencapai kondisi optimumnya (Bulawayo, 1996). Namun berbeda dengan yang ditambahkan *Tween* 80 dan ergosterol profil produksi bioetanol tetap stabil hingga akhir fermentasi. Hal ini menunjukkan Sterol (ergosterol) yang dapat berperan penting bagi pertumbuhan dan metabolisme ragi.

Tween 80 dan ergosterol juga berperan dalam meningkatkan ketahanan sel mikroba dalam medium fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar yang lebih tinggi. Penambahan *Tween* 80 pada medium fermentasi dapat meningkatkan kemampuan membran sel untuk bertahan dari peristiwa osmosis (Tren et al 2010). Ergosterol dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, kegiatan fermentasi, dan etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi (Chen et al, 1990).

Senyawa ini juga dapat meningkatkan toleransi stres ragi untuk kondisi seperti tekanan osmotik yang tinggi dan toleransi bioetanol yang tinggi dalam sel ragi (Odumeru et al., 1992) dan efek dari penambahan *Tween* 80 dapat meningkatkan daya serap ergosterol pada membran plasma dan aksesibilitas enzimatik (McAllister et al , 2000; . Lee dan Ha , 2003; . Lee et al, 2003). Selain itu, aktivitas enzim *alil transferase* yang mengubah alkohol menjadi asam asetat ikut terhambat. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya kandungan asam lemak tak jenuh (ergosterol) dalam sel membran (Fujii et al., 1997).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *Tween* 80 dan ergosterol berpengaruh terhadap aktivitas *saccharomyces cereviceae* dalam mengkonversi nira nipah menjadi bioetanol. Dengan penambahan *Tween* 80 dan ergosterol perolehan bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat. Kondisi maksimum dari proses fermentasi nira nipah pada skala pilot diperoleh konsentrasi bioetanol 16,602% (v/v) atau 131,040 mg/ml pada waktu fermentasi 84 jam dengan penambahan *Tween* 80 [375 ml] dan Ergosterol [37,5 gl].

4.2 Saran

1. Untuk mencegah terjadinya busa akibat dari pengadukan, perlu adanya pengendalian busa dengan melakukan penambahan anti *foam*.
2. Untuk mencegah terhambatnya kinerja *yeast* dalam melakukan fermentasi perlu adanya pengendalian atau kontrol terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi, seperti pH dan temperatur selama fermentasi berlangsung.
3. Perlu dilakukan pengujian alat, baik biofermentor maupun pengaduk yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bulawayo, B. 1996. *Ethanol Production By Fermentation Of Sweet-Stem Sorghum Juice Using Various Yeast Strains*. World Journal Of Microbiology & Biotechnology. Vol. 12. Pp. 357-360.
- Chen, C., Dale, M. C. and Okos, M. R. 1990. *Minimal nutritional requirements for immobilized yeast*. Biotechnology and Bioengineering 36: 993-1001.
- Daecon, J. W. 1997. *Modern Mycology*. Blackwell Scientific Publitions. London.

- Graphco, C.M., N.P. Nhuan., and T.H. Walker. 2008. *Biofuels Engineering Process Technology*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA.
- Feng, J., Y. Zeng, C. Ma, X. Cai, Q. Zhang, M. Tong, B. Yu, and P. Xu. 2006. *The surfactant tween 80 enhances biodesulfurization*. Applied and Environmental Microbiology 72 (11) : 7390-7393.
- Fujii, T., Kobayashi, O., Yoshimoto, H., Furukawa, S., Tamai, Y. (1997). *Effect Of Aeration And Unsaturated Fatty Acid On Expression Of The Saccharomyces Cerevisiae Alcohol Acetyltransferase Gene*. Applied And Environmental Microbiology 63 (5): 910-915.
- Hadi, S. 2013. *Karakteristik dan Potensi Bioetanol dari Nira Nipah (Nypa fruticans) untuk Penerapan Skala Teknologi Tepat Guna*. ISSN 1978-5283.
- Irsyad, M. A. 2013. *Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan Saccharomyces cereviceae pada Fermentor 50 Liter*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- 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.
- Lee, S. S. And J. K. Ha. 2003. *Influences Of Surfactant Tween 80 On The Gas Production, Cellulose Digestion And Enzyme Activities By Mixed Rumen Microorganisms*. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16:1151-1157.
- Lee, S. S., B. H. Ahn, H. S. Kim, C. H. Kim, K.-J. Cheng And J. K. Ha. (2003). *Effects Of Non-Ionic Surfactants On Enzyme Distributions Of Rumen Contents, Anaerobic Growth Of Rumen Microbes, Rumen Fermentation Characteristics And Performance Of Lactating Cows*. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16:104-115.
- Mcallister, T. A., K. Stanford, H. D. Bae, R. J. Treacher, A. N. Hristov, J. Baah, J. A. Shelford And K.-J. Cheng. 2000. *Effect Of A Surfactant And Exogenous Enzymes On Digestibility Of Feed And On Growth Performance And Carcass Traits Of Lambs*. Can. J. Anim. Sci. 80:35-44.
- Odumeru, J.A., D'amore, T., Russell, I. And Stewart, G. 1992. *Change In Protein Composition Of Saccharomyces Brewing In Response To Heat Shock And Ethanol Stress*. Journal Of Industrial Microbiology 9 (3-4): 229-234
- Poernomo, A. 2014. *Prospek Panas Bumi Untuk Mendukung Ketahanan Energi*. Dewan Energi Nasional. Pekanbaru.
- Smith, D. 2006. *Nypa Palm: Ethanol Super-Crop? Biofuel Review*. Singapore.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi, 1997, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta
- Tamunaidu, P. & Saka.S. 2012. *Comparative Study of NutrientSupplements and Natural Inorganic component in Ethanolic Fermentation of Nipa Sap*. 92, 181-186.
- Tren, Q. H., Nguyen, T. T., Le V. V. M. and Hoang, K. A. 2010. *Effect of Tween80™ and ergosterol supplementation on fermentation performance of the immobilized yeast in high gravity brewing*. International Food Research Journal 17: 309-318.