

Produksi Etanol dari Jus Pelepah Sawit menggunakan Bakteri Kultur Tercampur Rumen Sapi

Anysa Lankari Halim¹⁾, David Andrio¹⁾, Said Zul Amraini²⁾

1) Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan

2) Dosen Teknik Lingkungan

Laboratorium Dasar Proses dan Operasi Pabrik,
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

E-mail: anysshalankarihalim@gmail.com

ABSTRACT

Oil Palm Fronds are the largest source of biomass waste in the palm oil industry. Oil Palm Frond Juice has high simple sugar content with a total COD content of 63,000 mg / L potentially as a medium for bioethanol fermentation. Ethanol fermentation with the use of pure bacterial culture requires aseptic conditions so it is difficult to maintain causing ineffective ethanol production. One solution is to use mixed bacterial cultures. This research aimed to study of the use of mixed cultures on bioethanol production, COD removal, TAV formation and VSS growth using cattle rumen. In this study the process of seeding was carried out for 5 days in a Circulating Bed Reactor (CBR) with working volume of 25 liters by adding glucose (C₆H₁₂O₆) at the beginning of the process with comparison of the ratio of biomass and substrate 80: 20 (% v/v). The fermentation process of oil palm frond juice is carried out in batch using an erlenmeyer with a working volume of 150 ml containing substrate and biomass at a ratio of 70: 30 (% v/v) under conditions of room temperature. pH controlled at 5 which is natural pH of the oil palm frond juice. Bioethanol concentration was analyzed using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The results of the main study showed the efficiency of total COD removal, dissolved COD removal and VFA production respectively at 32.35%; 32.32% and 39.13%, with the VSS growth rate of 1444.44 mg/L. The final bioethanol concentration was 498.07 mg/L which is very low compared to using pure culture. These result indicate there is a need for ways to increase ethanol production using mixed cultures.

Keywords: *Palm frond juice, ethanol production, anaerobic fermentation, mixed culture bacteria.*

1. PENDAHULUAN

Dari tahun ke tahun, konsumsi minyak bumi terus meningkat namun produksi minyak bumi menurun setiap tahunnya karena ladang minyak yang telah tua. Hal ini mengakibatkan terjadinya kelangkaan

energi. Eksplorasi potensi cadangan minyak baru akan memakan biaya besar, teknologi canggih, waktu, dan sumber daya manusia yang mendukung serta menimbulkan masalah lingkungan dan ekologi selama eksploitasi berlangsung

(Kumneadklang dkk.,2015). Maka untuk mengatasi kekurangan energi diperlukan upaya lain, yakni dengan diberlakukannya kebijakan mengenai diversifikasi energi dengan energi alternatif diluar bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah bioetanol.

Bioetanol adalah cairan biokimia yakni alkohol yang dihasilkan pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku bioetanol biasanya berasal dari tanaman biofuel seperti jagung, beras, gandum yang merupakan golongan tanaman pangan. Penggunaan bahan pangan sebagai bahan baku bioetanol memiliki keterbatasan dari segi kuantitas sehingga mengakibatkan harga pangan menjadi tinggi. Oleh karena itu diperlukan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku. Salah satu alternatif pengganti yang dapat digunakan adalah tanaman non-pangan atau disebut dengan limbah biomassa. Limbah biomassa memiliki kapasitas yang besar, sehingga lebih mudah didapat dengan harga terjangkau (Sims dkk., 2008).

Provinsi Riau merupakan provinsi dengan areal perkebunan sawit yang terluas di Indonesia yaitu 2,29 juta hektar (BPS, 2015). Industri sawit menghasilkan biomassa padat melimpah sepanjang tahun salah satunya adalah pelepah sawit. Di industri sawit, sekitar 18,77 juta ton pelepah sawit dihasilkan dari proses pemangkasan dan penebangan setiap tahunnya (Omar, 2014 dan Hassan, 1996). Berdasarkan segi komposisi kimia, biomassa serat pelepah sawit mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin total masing masing sebesar 40-50%; 20-35%; dan 16-29% (Kumneadklang dkk., 2015).

Namun gula dari serat pelepah sawit kering sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme karena adanya komponen lignin (Maail, 2014). Sehingga untuk mendegradasi lignin diperlukan berbagai pretreatment seperti perlakuan hidrotermal dan penggunaan bahan kimia yang biayanya relatif mahal (Fazilah dkk., 2009 dan Goh dkk., 2010).

Zahari dkk. (2012), menemukan metode yang sederhana untuk mengekstraksi kandungan gula dari pelepah sawit yakni dengan proses pengepressan menggunakan mesin tebu untuk mendapatkan serat dan jus sebagai sumber gula dimana komposisi gula sederhana utama jus pelepah sawit seperti glukosa, sukrosa dan fruktosa masing-masing mencapai sebesar $53,95 \pm 2,86$ (70,90%), $20,46 \pm 1,56$ (26,89%) dari dan $1,68 \pm 0,75$ g/l (2,21%) dari total gula bebas. Ketersediaan yang melimpah serta kandungan polisakarida yang tinggi menyebabkan jus pelepah sawit berpotensi sebagai sumber bahan baku bioetanol yang menjanjikan.

Umumnya fermentasi bioetanol menggunakan kultur murni yang membutuhkan kondisi aseptik sehingga sulit untuk mempertahankannya dalam proses industri skala besar. Kontaminasi bakteri menyebabkan turunnya produksi ethanol (Kosaric., 2001; Byung Hong dkk., 1995). Penggunaan kultur tercampur dapat menjadi alternatif dalam penggunaan kultur murni pada proses fermentasi karena dapat menurunkan biaya produksi secara signifikan, tidak memerlukan proses sterilisasi, kapasitas adaptif terhadap kepadatan mikroba, kapasitasnya dalam penggunaan substrat campuran serta kemungkinannya digunakan untuk

proses yang kontinyu. (Kleerebezem dan Loosdrecht, 2007). Oleh karena itu penelitian ini akan mempelajari bagaimana pengaruh penggunaan kultur tercampur terhadap efisiensi pembentukan bioetanol, penyisihan COD, pembentukan TAV dan pertumbuhan VSS dengan menggunakan rumen sapi.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah reaktor untuk proses seeding terbuat dari bahan akrilik berkapasitas volume total 27 dan reaktor untuk penelitian utama yaitu *erlenmeyer* dengan kapasitas volume total 250 ml, shaker, mesin press tebu, beserta aksesoris lainnya serta alat-alat laboratorium untuk analisis parameter penelitian. Bahan-bahan yang digunakan adalah Pelepah sawit sebagai bahan baku jus pelepah sawit, rumen sapi sebagai sumber bakteri; serta bahan-bahan kimia yang untuk analisis parameter penelitian.

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari tahap persiapan substrat; persiapan reaktor, proses seeding, penelitian utama, analisa dan pengolahan data.

2.2.1 Persiapan Substrat

Pelepah sawit dikumpulkan dari perkebunan sawit. Pelepah sawit dipotong dan diambil sepertiga bagian awal tangkai pelepah disisi yang terhubung ke batang pohon. Kemudian pelepah sawit di kupas kulit luarnya dan dipotong kecil-kecil agar memudahkan dalam proses ekstrak jus. Jus diperoleh dengan menggunakan press tebu konvensional 2 *roller* penggiling dan disaring menggunakan saringan

santan. Kemudian dilakukan uji karakteristik jus dengan parameter pH, COD Total, COD Terlarut, dan VSS. Jus pelepah sawit kemudian disimpan di lemari pendingin pada suhu 4°C sampai penggunaan lebih lanjut

2.2.2 Persiapan Inokulum

Rumen Sapi diambil dari Rumah Potong Hewan (RPH) di Jalan Cipta Karya, Panam Pekanbaru dan disaring terlebih dahulu sebanyak 2 dirigen kemudian disimpan di lemari pendingin pada suhu 4°C sampai penggunaan lebih lanjut.

2.2.3 Proses seeding

Seeding bertujuan untuk mengembangbiakkan mikroorganisme agar mampu mengolah limbah dalam jumlah yang banyak. Proses seeding dilakukan dalam Circulating bed reactor (CBR) yang dihubungkan ke kompresor yang berfungsi sebagai pompa resirkulasi biogas untuk menghomogenkan substrat dan inokulum dengan laju alir sebesar 0,8 L/menit. Seeding dilakukan dengan cara pemberian glukosa (C₆H₁₂O₆). Rasio inokulum : substrat (glukosa) yaitu 80%:20% (Chang dkk., 2011) Pengambilan sampel dilakukan setiap 24 jam selama 5 hari. Setelah 5 hari, jika konsentrasi VSS >4.000 mg/L, maka proses seeding telah selesai (Reynolds, 1982).

2.2.4 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan secara batch dengan didalam reaktor yang berupa erlenmeyer berkapasitas volume total 250 ml dengan volume kerja 150 ml. Rasio perbandingan substrat dan inokulum adalah sebesar 70 : 30 (% v/v) dengan volume substrat jus pelepah sawit sebesar 105 ml dan inokulum rumen sapi sebesar 45 ml. Kontrol pH dilakukan dengan penambahan 2 M HCl dan 2 M NaOH.

Shaker diatur pada kecepatan 100 rpm pada kondisi ruang selama 3 hari.

2.2.5 Analisa dan Pengolahan Data

Parameter yang dianalisis pada hasil penelitian ini adalah chemical oxygen demand (COD), volatile suspended solid (VSS), total asam volatil (TAV), konsentrasi bioetanol dan parsial asam volatil berdasarkan metoda analisis standard methods (SM). Metode yang digunakan untuk analisis COD adalah SM 5220 C, untuk VSS menggunakan SM 2540 E, untuk TAV menggunakan SM 5560 C dan konsentrasi bioetanol serta parsial asam volatil menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Data yang diperoleh dari hasil analisis parameter pada tiap tahap penelitian diplotkan ke dalam bentuk grafik dengan hubungan rasio terhadap waktu menggunakan *Microsoft excel*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Karakteristik

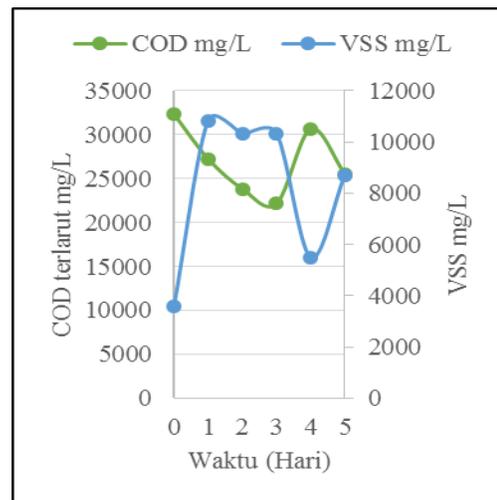
Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Jus Pelepeh Sawit

Parameter (mg/L)	Hasil Uji
COD total	63.104
COD terlarut	56.461
VSS	2.000

Nilai pH yang didapat pada penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya yaitu 5. Konsentrasi total bahan organik yang diuji melalui parameter *chemical oxygen demand* (COD) total dan terlarut jus pelepeh sawit pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Zahari dkk. (2012) dengan konsentrasi COD

terlarut mencapai 81.163 mg/L yang menggunakan mesin press hidrolis yang dilengkapi dengan tiga buah *roller* penggiling. Jus pelepeh sawit kemudian *disentrifuge* selama 15 menit dan disaring menggunakan membran filter 3-5µm. Perbedaan ini dapat disebabkan beberapa faktor seperti adanya perbedaan kondisi pada saat pengambilan pelepeh sawit serta perbedaan perlakuan pada proses ekstraksi sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi senyawa organik dari jus pelepeh sawit yang dihasilkan.

3.2 Tahap Seeding Inokulum



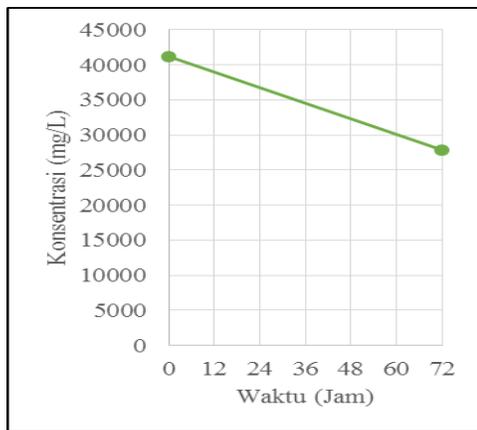
Gambar 1. Hubungan COD terlarut dan VSS terhadap Waktu pada Tahap Seeding

Berdasarkan Gambar 4.1 pada hari ke-0 hingga hari ke-5 konsentrasi COD terlarut cenderung menurun, hal ini menandakan terjadinya proses degradasi substrat oleh mikroorganisme untuk proses pertumbuhan yang ditandai dengan peningkatan nilai VSS (von Sperling, 2007). Pada hari ke-4 terjadi penurunan konsentrasi VSS menjadi 5.500 mg/L yang disebabkan adanya mikroorganisme yang tidak dapat beradaptasi akibat perbedaan

lingkungan tempat tinggal (dari rumen sapi ke reaktor seeding) sehingga mengalami kematian (Davis, 2010). Pada hari ke-5 konsentrasi COD terlarut terus menurun menjadi 25.536 mg/L, namun konsentrasi COD total ini masih sangat mendukung untuk perkembangan mikroorganisme lebih lanjut. Konsentrasi VSS pada hari ke-5 mencapai 8.708 mg/L dan dianggap memenuhi persyaratan pengolahan anaerob karena konsentrasi mikroorganisme >2000 mg/l (Reynolds, 1982).

3.3 Penelitian Utama

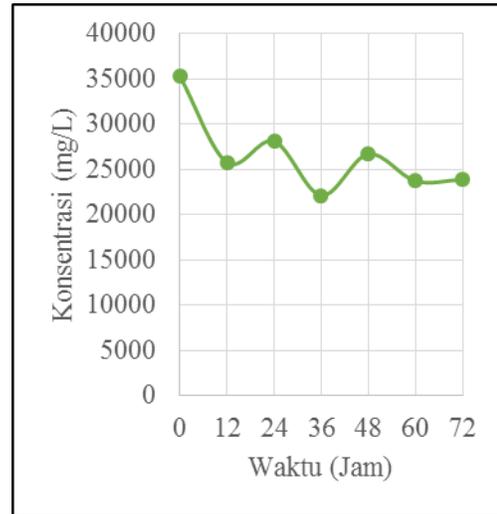
3.3.1 Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Total



Gambar 2. Hubungan COD Total terhadap Waktu pada Penelitian Utama

Berdasarkan **Gambar 2.**, Penyisihan konsentrasi COD total cenderung mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi COD total mengindikasikan terjadinya proses degradasi bahan organik kompleks oleh bakteri secara anaerob (Reynolds, 1982). Konsentrasi COD total pada jam ke-72 adalah sebesar 27.879 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 32.35%.

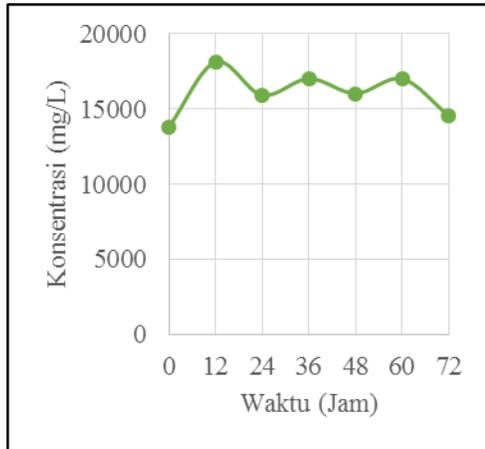
3.3.2 Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Terlarut



Gambar 3. Hubungan COD Terlarut terhadap Waktu pada Penelitian Utama

Berdasarkan **Gambar 3.**, diketahui konsentrasi COD terlarut cenderung mengalami penurunan pada semua reaktor dari jam ke-0 hingga jam ke-72. Konsentrasi COD terlarut menurun dari 35.335 mg/L menjadi 22.163 mg/L dari jam ke-0 hingga ke jam 36. Penurunan konsentrasi COD terlarut ini disebabkan mikroorganisme mampu mendegradasi substrat dengan baik dan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya sehingga nilai VSS cenderung meningkat yang mengindikasikan terjadinya proses asidogenesis dimana dihasilkan bioetanol (Gerardi, 2003). Di jam ke-48, konsentrasi COD terlarut naik menjadi 26.729 mg/L. Kenaikan konsentrasi COD terlarut ini dapat disebabkan adanya degradasi senyawa-senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik monomer. Konsentrasi kembali turun pada jam ke-72 menjadi 23.915 mg/L, hal ini menandakan bahwa proses degradasi masih berlangsung. Efisiensi penyisihan COD terlarut yang dicapai adalah sebesar 32.32%.

3.3.3 Pembentukan Volatile Suspended Solids (VSS)

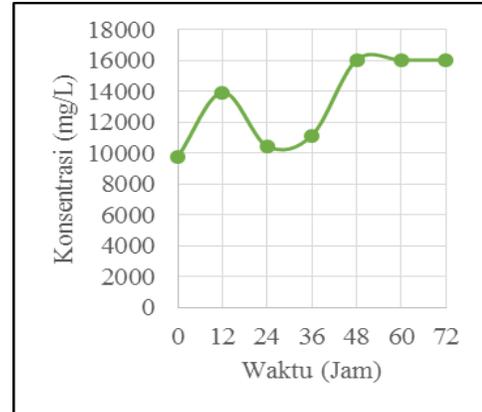


Gambar 4. Hubungan VSS Total terhadap Waktu pada Penelitian Utama

Berdasarkan **Gambar 4.**, Konsentrasi VSS cenderung fluktuatif. Hal ini disebabkan karena bakteri masih berada pada fase eksponensial atau disebut fase dengan laju pertumbuhan berada pada kecepatan konstan (von Sperling, 2007). Pada jam ke-72 konsentrasi VSS cenderung mengalami penurunan hal ini disebabkan adanya kematian mikroorganisme yang dikarenakan terjadinya penurunan konsentrasi substrat yang mengakibatkan berkurangnya sumber makanan (von Sperling, 2007). Laju pembentukan VSS tertinggi dicapai sebesar 1444.44 mg/L.

3.3.4 Pembentukan Total Asam Volatil (TAV)

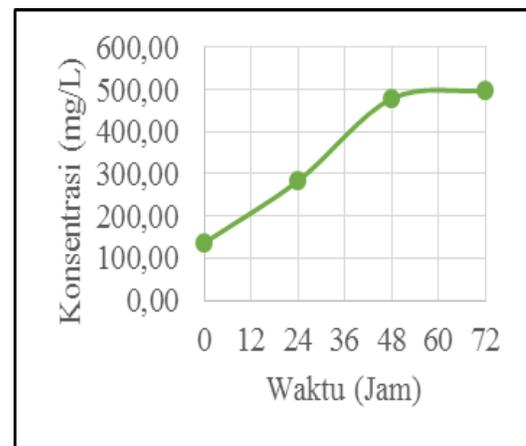
Peningkatan konsentrasi TAV pada reaktor menandakan berlangsungnya proses asidogenesis yaitu terjadinya proses konversi senyawa organik sederhana menjadi asam-asam organik oleh bakteri asidogenik yang ditandai dengan penurunan konsentrasi COD dan meningkatnya nilai VSS.



Gambar 5. Hubungan TAV Total terhadap Waktu pada Penelitian Utama

Berdasarkan **Gambar 5.**, Konsentrasi TAV dari jam ke-0 hingga jam ke-72 cenderung mengalami peningkatan. Peningkatan konsentrasi TAV biasanya disertai dengan terjadinya penurunan pH pada reaktor. Penurunan pH dikarenakan terbentuknya asam butirat dan asam asetat dalam jumlah banyak sehingga meningkatkan konsentrasi TAV (Gallert dan Winter, 199). Konsentrasi terus naik jam ke-72 menjadi 16.407 mg/L, hal ini menandakan bahwa proses asidogenesis masih berlangsung dengan efisiensi pembentukan TAV yang dicapai sebesar 39.13%.

3.3.5 Pembentukan Bioetanol



Gambar 6. Hubungan TAV Total terhadap Waktu pada Penelitian Utama

Berdasarkan **Gambar 6.**, dapat dilihat bahwa pembentukan bioetanol disetiap reaktor cenderung meningkat. Hal ini menandakan bahan-bahan organik sederhana dikonversi menjadi bioetanol yang terjadi proses asidogenesis (Christy dkk., 2014). Konversi glukosa menjadi etanol dapat dilihat pada persamaan 4.1 (Gerardi, 2003).



Konsentrasi bioetanol tertinggi pada reaktor R1 di jam ke-72 dengan konsentrasi 498,07 mg/L dengan efisiensi pembentukan bioetanol mencapai 72,53%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian utama menunjukkan efisiensi tertinggi COD total, COD terlarut dan TAV berturut-turut sebesar 32,35%; 32,32% dan 39,13%, dengan laju pertumbuhan VSS tertinggi sebesar 1444,44 mg/L. Efisiensi penyisihan COD pada penelitian ini belum maksimal, hal ini dapat diakibatkan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi seperti kondisi operasi (pH, suhu, waktu tinggal, dsb). Konsentrasi bioetanol akhir diperoleh sebesar 498,07 mg/L. Konsentrasi bioetanol yang dicapai pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Abdullah (2015), konsentrasi bioetanol hasil fermentasi jus pelepah sawit menggunakan *S. cerevisiae* yakni 20.000mg/L. Berdasarkan Temudo dkk. (2007), fermentasi bioetanol dengan kultur tercampur akan menghasilkan berbagai produk samping pada proses asidogenesis asetat, propionat, butirrat, dan laktat, sehingga pembentukan produk seperti asam-asam organik sehingga perlu diminimalkan untuk meningkatkan efisiensi pembentukan bioetanol.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S.S.S., Shirai, Y., Bahrin, E.K, Hassan, M.A. 2014. Fresh Oil Palm Frond Juice as Renewable, Non-Food, Non-Cellulostic and Complete Medium for Direct Bioethanol. *Industrial Crops and Products*. Vol. 63, hal. 356-361.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. Statistik Kelapa Sawit Indonesia
- Byung H. K., Chang, I. S., Pyong K. S., dan Wan K. L., 1995. Bacterial Contamination and Its Effect on Etanol Fermentation. *Journal of Microbiology*, Vol. 5, No. 6, hal. 309-314.
- Davis, M.L. 2010. Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice. New York : Mc Graw Hill Inc.
- Fazilah, A., Azemi, M.N.M., Karim, A.A., Norakma, M.N., 2009. Physicochemical properties of hydrothermally treated hemicellulose from oil palm frond. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, Vol. 57, hal.1527–1531.
- Gallert, C dan J. Winter. 1999. Bacterial Metabolism in Wastewater Treatment System. Environmental Process I. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Gerardi, M.H., 2003. The Microbiology of Anaerobic Digesters. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Goh, C.S., Lee, K.T., Bhatia, S., 2010. Hot compressed water pretreatment of oil palm fronds to enhance glucose recovery for production of second generation bioetanol. *Bioresource Technology*, Vol. 101, hal. 7362–7367.
- Kleerebezem, R. dan Loosdrecht, M. CM van, 2007. Mixed Culture

- Biotechnology Production.
Current Opinion In Biotechnology,
Vol.18, hal. 207-212
- Kosaric, N., Sukan, F.V, Pieper, H.J.
Rhoer, M. 2001. The
Biotechnology of Etanol. New
Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kumneadklang, S., Larpiattaworn, S.,
Niyasom, C., O-Thong, S., 2015.
Bioetanol Production from Oil
Palm Frond by Simultaneous
Saccharification and Fermentation.
Energy Procedia, Vol.79, hal.
784–79.
- Sims, R., Taylor, M., dan Saddler, J.,
2008. *From 1st- to 2nd-
Generation Biofuel Technologies*.
International Energy Agency
(IEA) Bioenergy. Paris, France.
- Sperling, M. 2007. Biological
Wastewater Treatment Series
Volume Two: Basic Principles of
Wastewater Treatment. New
Delhi: Iwa Publishing.
- Zahari, M.A.K.M., Zakaria, M.R.,
Ariffin, H., Mokhtar, M.N,
Salihon, J., Shirai, Y., Hassan
M.A., 2012. Renewable Sugar
from Oil Palm Frond Juice as an
Alternative Novel Fermentation
Feedstock for Value-Added
Product. *Bioresource Technology*,
Vol. 110, hal. 566-571.