

PRODUKSI BIOETANOL DARI BUNGKIL INTI SAWIT DENGAN PROSES FERMENTASI

Nur Irfana Mardiyah¹⁾, Silvia Reni Yenti²⁾, Sri Rezeki Muria³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ^{2,3)}Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
E-mail: nurirfana.mardiyah@unri.ac.id

ABSTRACT

*Indonesia is a country with a growing human population, causing the need of energy also increases. Bioethanol has been widely used in transportation as a fuel that is increasingly reduced. Palm kernel expeller has a high enough potential to be developed into an alternative energy source, namely bioethanol because of its lignocellulosic content. The purpose of this study was to determine the composition of yeast in the fermentation process, and determine the optimal processing time for the formation of bioethanol in the Hydrolysis and Separate Fermentation (SHF) method. The stages in this study were the hydrolysis of palm kernel expeller using H₂SO₄ 3M for 5 hours at 100 °C. The fermentation process is carried out with variations in time for 24 hours, 48 hours, 72 hours, 96 hours and 120 hours. The fermentation process is carried out with variations composition of yeast for 4 g/L, 6 g/L, dan 8 g/L. The results showed that in the fermentation using a sugar concentration of 22,11 g/L, obtained an optimal fermentation in 2,5 % (v/v) or 19,73 g/L at 6 g/L composition of yeast and 96 hours time on fermentation. The greater the concentration of *Saccharomyces cerevisiae* and the longer fermentation time, the more bioethanol is obtained.*

Keywords: *Bioethanol, fermentation, palm kernel expeller, *Saccharomyces cerevisiae*.*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan jumlah populasi manusia yang terus meningkat. Peningkatan tersebut menyebabkan kebutuhan akan energi juga semakin meningkat (Jannah dan Aziz, 2017). Upaya mencari sumber energi alternatif tengah gencar dilakukan beberapa negara dalam beberapa dekade terakhir untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil. Sumber energi alternatif ini bisa didapat dari bahan yang mengandung lignoselulosa yang dikonversi menjadi bioetanol (Ezieshi dan Olomu, 2007). Salah satu bahan yang potensial untuk dijadikan bahan baku bioetanol adalah biomassa dari kelapa sawit, seperti bungkil inti sawit.

Kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia yang perkembangannya pesat. Indonesia merupakan salah satu produsen utama minyak kelapa sawit dunia. Sebesar 5% dari tandan buah segar sawit

menghasilkan inti sawit, dari inti sawit tersebut dihasilkan 45 - 46% minyak inti sawit dan limbah berupa bungkil inti sawit sebesar 45 - 46%. Produksi bungkil inti sawit Indonesia sebesar 3.542.000 ton di tahun 2016 dan di tahun 2017 meningkat sebesar 5,47% (Badan Pusat Statistik, 2017). Bungkil inti sawit atau dikenal dengan *Palm Kernel Expeller* (PKE) merupakan sisa hasil pengambilan *Palm Kernel Oil* (Elizabeth dan Ginting, 2003).

2. Landasan Teori

2.1 Bungkil Inti Sawit

Bungkil inti sawit (BIS) cukup berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol berdasarkan ketersediaan dan kandungan selulosanya. Komponen kimia penyusun bungkil inti sawit dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Komponen Kimia Bungkil Inti Sawit

Komponen Kimia	Komposisi (%)
Protein	13,84
Lemak	5,30
Selulosa	23,36
Hemiselulosa	26,71
Lignin	12,29

(Sumber: Anita, 2017).

2.2 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimiawi dari senyawa organik (karbohidrat, lemak, protein dan bahan organik lainnya) baik dalam keadaan aerob/anaerob, melalui kerja enzim yang dihasilkan dari mikroba (Gandjar, 1983). Pada penelitian ini proses fermentasi akan mengubah gula yang ada dalam bungkil inti sawit menjadi bioetanol dengan bantuan mikroorganisme yaitu *Saccharomyces cerevisiae*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain:

a. Mikroorganisme

Mikroorganisme dapat menguraikan karbohidrat dan glukosa menjadi alkohol. Dalam penelitian ini digunakan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat tumbuh optimum pada suhu 27°C dengan pH 4,5-5.

b. Konsentrasi Ragi

Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan bioetanol mulai dari 1% (b/v).

c. Waktu fermentasi

Waktu mempengaruhi pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi. Jika proses fermentasi terlalu cepat akan menyebabkan bioetanol yang dihasilkan sedikit, karena mikroba dalam masa pertumbuhan. Namun jika proses fermentasi terlalu lama akan menyebabkan mikroba mati (Wibowo, 2015).

2.3 Bioetanol

Bioetanol (C₂H₅OH) adalah istilah yang digunakan untuk etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi gula reduksi. Bioetanol didapat dari hasil hidrolisis gula kompleks kemudian dilanjutkan dengan

fermentasi oleh mikroorganisme dan pemurnian (Honsono, 2012). Berdasarkan bahan bakunya, ada tiga generasi biomassa bioetanol.

Bioetanol generasi pertama adalah bioetanol yang diproduksi dari bahan baku yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, nira tebu, jagung, kentang, gandum dan sebagainya. Bioetanol generasi kedua adalah bioetanol yang diproduksi dari limbah biomassa yang mengandung lignoselulosa yang terdapat dalam limbah padat agroindustri seperti jerami padi, tongkol jagung, dan tandan kosong kelapa sawit (Sutikno dan Nawansih, 2014). Bioetanol generasi ketiga merupakan bioetanol yang menggunakan bahan baku dari kelompok *algae* yaitu makroalga (Dragon dkk., 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioetanol dengan bahan baku dari limbah perkebunan kelapa sawit yaitu bungkil inti sawit sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan bioetanol dengan menggunakan metode *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF).

3. Metodologi Penelitian

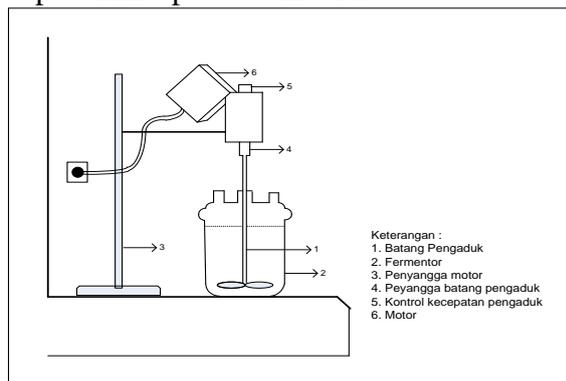
3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan glukosa hasil hidrolisis bungkil inti sawit dengan H₂SO₄ 3M. Bahan lainnya yang digunakan adalah *aquadest*, *Saccharomyces cerevisiae*, KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, (NH₄)₂SO₄, larutan reagen Nelson A, reagen Nelson B dan reagen Arsenomolibdat untuk analisa glukosa.

3.2 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor, *autoclave*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, *thermometer*, pompa vakum, *rotary evaporator*, *oven*, *waterbath*, gelas ukur, gelas kimia, pipet tetes, pipet volume, corong, labu ukur, gelas kimia, aluminium foil, kertas saring, cawan penguap, tabung reaksi, pH meter, refraktometer, dan neraca analitik. Untuk alat analisa yang digunakan yaitu spektrofotometer UV-Vis.

Rangkaian alat untuk proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

3.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah volume fermentasi 2 liter (Meliana, 2018), waktu inokulasi 24 jam (Meliana, 2018), suhu fermentasi 30°C (Meliana, 2018), pH fermentasi 4,5 (Meliana, 2018), kecepatan pengadukan 250 rpm (Meliana, 2018), volume inokulum 10% (v/v) (Meliana, 2018). Variabel berubah pada penelitian ini yaitu konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* (4 g/L, 6 g/L, dan 8 g/L) dan waktu fermentasi (24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam).

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Hidrolisis Bungkil Inti Sawit

Bungkil inti sawit dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 3M. Perbandingan serat dengan H_2SO_4 adalah 1:10 pada suhu 100 °C selama 5 jam. Hasil hidrolisis disaring dan diambil filtratnya. Residu dibuang. Filtrat tersebut merupakan larutan yang mengandung gula hasil konversi dari serbuk bungkil inti sawit. Selanjutnya, larutan ditetaskan dengan NaOH 50% hingga pH 4,5 (Ni'mah dkk., 2015). Filtrat yang diperoleh dari proses hidrolisis akan dianalisa kadar gula yang terkandung dalam larutan tersebut dan difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

3.4.2 Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum bertujuan untuk memperpendek fase lag yaitu dengan cara mengadaptasikan sel kedalam media fermentasi berupa larutan gula hasil hidrolisis. Pembuatan inokulum dilakukan di

dalam erlenmeyer dengan cara diambil medium *starter* sebanyak 10% dari volume fermentasi (200 mL) yang kemudian ditambahkan nutrisi 0,2 gram KH_2PO_4 , 0,01 gram $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 0,4 gram $(NH_4)_2SO_4$, selanjutnya medium disterilisasi ke dalam *autoclave* dengan temperatur 121 °C selama 15 menit, lalu didinginkan hingga temperatur inokulum mencapai suhu ruang.

Setelah mencapai suhu ruang, *Saccharomyces cerevisiae* dimasukkan ke dalam larutan dengan konsentrasi 4 g/L, kemudian diinokulasi selama 24 jam dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Pembuatan inokulum diulangi sebanyak 3 kali dengan variasi konsentrasi ragi 6 g/L, dan 8 g/L.

3.4.3 Fermentasi

Setelah 24 jam, larutan inokulum dimasukkan kedalam 1800 mL larutan hasil hidrolisis yang telah ditambahkan nutrisi (1,8 gram KH_2PO_4 , 0,09 gram $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 3,6 gram $(NH_4)_2SO_4$) dan disterilisasi sebelumnya, kemudian difermentasi dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel menggunakan pipet volume sebanyak 130 ml dengan waktu fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam. Setelah waktu fermentasi tercapai, sampel dipanaskan di *waterbath* untuk menghentikan reaksi di dalamnya agar mikroorganismenya mati. Sampel hasil fermentasi dianalisa konsentrasi gula sisa, berat kering sel dan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan.

3.4.4 Pemisahan

Hasil fermentasi yang didapat kemudian diambil untuk dianalisa kadar gula sisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan campuran bioetanol yang berada di dalam substrat hasil fermentasi dipisahkan dari mikroorganismenya *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi dan larutan gula sisa, dengan cara menguapkan campuran bioetanol dan air pada suhu 77-80°C dengan menggunakan *rotary evaporator*, kemudian bioetanol yang terdapat di dalam campuran bioetanol dan air di analisa menggunakan alkoholmeter.

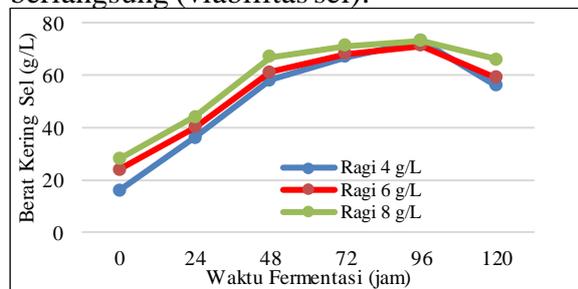
3.4.5 Analisa Hasil

Pada penelitian ini parameter yang dianalisa yaitu konsentrasi bioetanol, konsentrasi gula substrat, dan berat sel kering. Konsentrasi gula substrat berupa kadar gula awal dan kadar gula akhir dianalisa dengan metode Nelson-Somogyi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Untuk pengukuran kadar bioetanol akan dianalisa dengan menggunakan refraktometer. Pengukuran berat sel kering dilakukan dengan menggunakan cawan penguap dan kertas saring.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengaruh Konsentrasi Ragi Terhadap Bioetanol yang Dihasilkan

Konsentrasi ragi yang digunakan dalam fermentasi pada penelitian ini adalah 4 ; 6 ; dan 8 g/L. Mikroba yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Analisa berat kering sel bertujuan untuk melihat pertumbuhan mikroba selama proses berlangsung (viabilitas sel).



Gambar 2. Jumlah Berat Kering Sel selama Fermentasi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya waktu proses fermentasi, berat kering sel cenderung meningkat sampai pada waktu optimum. Berat kering sel pada waktu 0 - 24 jam masih relatif rendah, dikarenakan pada tahap ini sel masih dalam fase adaptasi atau penyesuaian diri terhadap medium fermentasi.

Berat kering sel mengalami peningkatan pada waktu 48 jam. Peningkatan ini menandakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* telah melalui tahap adaptasi dengan lingkungannya yang baru dan memasuki tahap eksponensial dimana pada tahap ini sel akan tumbuh dengan cepat, sehingga massa sel dan jumlah sel akan bertambah secara eksponensial

terhadap waktu (Rahayu dan Nurwitri, 2012).

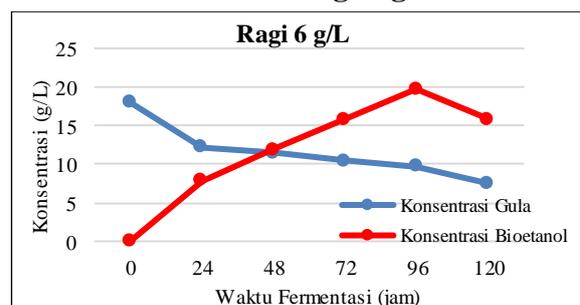
Selanjutnya pada waktu fermentasi 72 jam dan 96 jam, pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* mengalami sedikit kenaikan dan menurun pada waktu ke 120 jam. Hal ini berarti pada waktu fermentasi 72 dan 96 jam, sel berada pada tahap stasioner atau statis, dimana pertumbuhan mikroba sebanding dengan kematian mikroba.

Fase perlambatan pertumbuhan terjadi setelah fase eksponensial, terjadi karena berkurangnya konsentrasi satu atau lebih nutrisi esensial dan terakumulasinya produk yang bersifat toksik terhadap pertumbuhan. Perubahan lingkungan yang cepat menyebabkan terjadinya *imbalance growth*. Terbatasnya nutrisi dan lingkungan yang toksik akan merubah sistem pengendali proses metabolisme seluler agar bisa tetap bertahan pada kondisi yang tidak menguntungkan (Shuler dan Kargi, 1992).

Setelah fase perlambatan pertumbuhan selesai, dimulailah fase stasioner. Pada fase ini, laju pertumbuhan sama dengan laju kematian, jumlah sel yang hidup akan berkurang.

Pada waktu fermentasi 120 jam, mikroba akan mengalami fase kematian. Hal ini diduga karena nutrisi yang tersisa di dalam medium fermentasi sedikit yang menyebabkan terjadi persaingan hidup sehingga jumlah sel yang hidup semakin sedikit (Shuler dan Kargi, 1992).

4.2. Penurunan Konsentrasi Gula Terhadap Waktu Fermentasi pada Variasi Konsentrasi Ragi 6 g/L.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gula terhadap Waktu Fermentasi

Pada variasi konsentrasi *S. cerevisiae* 6 g/L selama fermentasi pada waktu 24 ; 48 ; 72 ; 96 ; dan 120 jam diperoleh konsentrasi bioetanol masing-masing sebesar 7,89 ; 11,84 ; 15,79 ; 19,73 ; dan 15,79 g/L. Konsentrasi bioetanol optimum didapatkan pada penggunaan konsentrasi ragi 6 g/L dengan lama waktu fermentasi 96 jam, yaitu sebesar 19,73 g/L.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi bioetanol berbanding terbalik dengan konsentrasi gula, dimana selama proses fermentasi, konsentrasi gula cenderung menurun yang diikuti dengan semakin meningkatnya konsentrasi bioetanol yang dihasilkan sampai pada waktu optimum. Menurunnya konsentrasi gula dikarenakan gula yang terdapat di dalam medium digunakan sebagai sumber karbon bagi *Saccharomyces cerevisiae* untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi bioetanol.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Anita (2017), dimana glukosa merupakan sumber nutrisi yang digunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk pertumbuhan dan pembentukan bioetanol sebagai produk fermentasi. Semakin besar pengurangan konsentrasi glukosa maka semakin tinggi konsentrasi bioetanol yang terbentuk.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Bioetanol tertinggi yang dihasilkan sebesar 19,73 g/L dengan konsentrasi ragi optimum proses fermentasi bungkil inti sawit adalah 6 g/L.
2. Waktu optimum proses fermentasi berada pada waktu ke 96 jam dengan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan sebesar 19,73 gr/L.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah perlu diperhatikan

penggunaan variabel pada proses hidrolisis untuk hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, S. (2017). Pengaruh Lama Fermentasi dengan *Lentinus edodes* terhadap Kandungan Hemiselulosa, Lemak Kasar dan Energi Metabolisme dari Bungkil Inti Sawit. *Thesis*. Universitas Andalas.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Katalog No. 5504003. ISSN 1978-9947. Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Jakarta.
- Dragon, G., Fernandes, B., Vicente, A.A., & Teixeira, J.A. (2010). Third Generation Biofuels From Microalgae. In *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, ed.A.Mendez-Vilas (Madrid:Formatex), 1355–1366.
- Elizabeth, J., dan S. P. Ginting. (2003). Pemanfaatan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong. *Prosiding Lokakarya Nasional: Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. Bengkulu 9-10 September 2003. P. 110-119.
- Ezieshi E. V, J.M. Olomu. (2007). Nutritional evaluation of palm kernel meal types: 1. Proximate composition and metabolizable energy values. *Afr J Biotechnol*. 6 : 2484 - 2486.
- Gandjar, I. (1983). *Perkembangan Mikrobiologi dan Bioteknologi di Indonesia*. Mikrobiologi di Indonesia. PRHIMI, 422-424.
- Hansono, N. (2012). Analisis *Lifecycle* Bioetanol Berbasis Singkong dan Tandan Kosong Kelapa Sawit di Indonesia. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Jannah, A.M., & Aziz, T. (2017). Pemanfaatan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol dengan Proses Delignifikasi Acid-Pretreatment.

- Jurnal Teknik Kimia*, 23(4), 245–251.
- Meliana., (2018). Pengaruh Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Biokonversi Pelepah Sawit. *Skripsi*. Program Studi Teknik Kimia S1 Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Ni'mah, L., Ardianto, A., & Zainudin, M. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serat Kelapa Sawit Melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis Asam dan Fermentasi Menggunakan Ragi Tape. *Info Teknik*, 16(2), 227–242.
- Rahayu, W.P., & Nurwitri, C.C. (2012). *Mikrobiologi Pangan*. Bogor: IPB Press.
- Shuler Michael L., Fikret Kargi. (1992). *Bioprocess Engineering Basic Concepts*, Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
- Sutikno., & Nawansih, O. (2014). Optimasi Sakarifikasi dan Fermentasi Holoselulosa TKKS untuk Memproduksi Bioetanol Sebagai Pengganti Bahan Bakar Minyak. *Usulan Hibah Penelitian*. Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Wibowo, F. (2015). Pengaruh Kecepatan Pengaduk dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol pada Fermentasi Nira Nipah Kental Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*, *Jurnal Online Mahasiswa*, 2 (1), 1-6.