

Proses Optimasi Produksi Bioetanol dari Limbah Serat Buah Sawit dengan Metode SHF

Optimization of Bioethanol Production from Palm Oil Fiber Waste with SHF Method

Edy Wibowo Kurniawan*, Mujibu Rahman

Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Indonesia

*Corresponding author: edy_wibowosmd@yahoo.com

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia berusaha pemeratakan pembangunan termasuk sektor energi. Pemerintah mendorong penggunaan energi alternatif mulai tahun 2008 dengan cetak biru untuk mencari dan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan di Indonesia melalui biofuel, salah satu energi alternatif yang dikembangkan adalah bioetanol. Tujuan penelitian adalah optimalisasi proses produksi bioetanol metode hidrolisis dan fermentasi terpisah (SHF) dari limbah serat buah sawit. Desain eksperimental yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain komposit terpusat dengan variabel konsentrasi H_2SO_4 dan waktu fermentasi. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah sakarifikasi limbah serat kelapa sawit dengan metode hidrolisis menggunakan H_2SO_4 (konsentrasi 1 M, 2 M, dan 3 M). Kemudian tahap selanjutnya adalah proses fermentasi (waktu fermentasi adalah 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari). Analisis kadar gula dan analisis kadar bioetanol dilakukan dalam larutan fermentasi pada setiap satuan percobaan. Kemudian optimasi dilakukan dengan metode permukaan respon (RSM). Berdasarkan penelitian, kondisi optimum proses produksi bioetanol adalah konsentrasi H_2SO_4 2,76 M dengan waktu fermentasi 4,64 hari yang menghasilkan kadar bioetanol 28,6027 g / L.

Kata kunci : Optimasi, Bioetanol, Limbah Serat Sawit

ABSTRACT

The Indonesian government is trying to equalize development including the energy sector. The government launched the use of alternative energy starting in 2008 with a blueprint for searching and utilizing new renewable energy sources in Indonesia through biofuels, one of the alternative energy developed is bioethanol. The research objective is the optimization of the separate hydrolysis and fermentation (SHF) method bioethanol production process from palm fruit fiber waste. The experimental design used in this study is central composite design with variable H_2SO_4 concentration and fermentation time. The first stage in the study was saccharifying the palm oil fiber waste by the hydrolysis method using H_2SO_4 (concentrations of 1 M, 2 M, and 3 M). Then the next stage was fermentation process (fermentation time is 1 day, 2 days, 3 days, 4 days and 5 days). Sugar content analysis was carried out in the ferment solution and analysis of bioethanol levels in each running experiment. Then the optimization was done with the response surface method (RSM). Based on the research, the optimum condition of the bioethanol production process was H_2SO_4 concentration of 2.76 M with a fermentation time of 4.64 days which produced bioethanol levels of 28.6027 g/L.

Keywords : Optimization, Bioethanol, Palm Oil Fiber Waste

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energi semakin besar dan masih sangat tergantung pada sumber bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Selain cadangan energi fosil yang semakin menipis, konsumsi masyarakat akan energi fosil juga semakin meningkat. Pada tahun 2014 produksi BBM sebesar 870 ribu barel per hari, sedangkan konsumsi BBM mencapai lebih dari 1,9 juta barel perhari (Kurniawan dkk, 2019).

Kementrian ESDM memperkirakan cadangan energi fosil berupa minyak dan gas bumi Indonesia akan habis pada tahun 2025. Oleh karena itu pemerintah mencanangkan

penggunaan energi alternatif dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32 Tahun 2008 tentang Pentahapan Kewajiban Pemakaian Bahan Bakar Nabati (BBN), salah satu energy alternatif yang dikembangkan adalah bioetanol (Ardiansyah dkk, 2012).

Bahan baku dalam memproduksi bioetanol adalah bahan dengan kandungan glukosa atau pati seperti umbi-umbian atau sereal yang sering disebut bioetanol generasi pertama (Lennartsson dkk, 2014). Hal ini menimbulkan konflik antara sumber bahan baku sebagai bahan pangan atau sebagai bahan energi. Sehingga

dikembangkan bioetanol generasi kedua dengan bahan baku limbah padat agroindustri yang mengandung lignoselulosa (Wahono dkk 2014).

Limbah padat sawit terdiri dari batang sawit, pelepah sawit, tandan kosong, serat buah sawit dan cangkang sawit, merupakan bahan baku dengan lignoselulosa yang tinggi. Limbah serat buah sawit merupakan salah satu limbah padat pabrik kelapa sawit yang dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar (TBS) dengan jumlah 19,25% (Kurniawan, 2008). Kandungan pada serat buah sawit yaitu : 33,9 % selulosa, 26,1% hemiselulosa, 27,7% lignin, 3,5% abu, 6,9% zat ekstraktif (Kong dkk, 2014). Sehingga sangat potensial untuk dijadikan sumber energi bioetanol generasi kedua. Total potensi energi serat buah sawit di Indonesia adalah sekitar 19,06 MJ/kg (Kurniawan dkk, 2017).

Bioetanol mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Salah satunya adalah kandungan oksigennya yang lebih besar yaitu mencapai 35%. Kandungan oksigen yang besar menyebabkan gas karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dalam proses pembakaran yang menjadi polutan akan lebih sedikit. Emisi gas karbon monoksida mencapai 19-25% (Jannah dan Aziz, 2017).

Beberapa penelitian mengenai bioethanol fokus pada sumber bahan baku, sedangkan optimasi dari kondisi proses sakarifikasi maupun fermentasi belum dilakukan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan optimasi proses produksi bioetanol metode SHF dari limbah serat buah sawit.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Bahan baku pada penelitian berupa serat buah sawit yang diperoleh dari PT Tri Tunggal Sentra Buana, Muara Badak, Kutai Kartanegara. Bahan lain adalah H₂SO₄ (1M, 2M dan 3M), NaOH, ragi *Saccharomyces cerevisiae*, KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, (NH₄)₂SO₄, glukosa dan larutan *anthrone* untuk analisa glukosa.

1. Peralatan penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *rotary evaporator*, reaktor leher tiga, *autoclave*,

hot plate, *magnetic stirrer*, *gun thermometer*, pompa vakum, oven, erlenmeyer, gelas ukur, distilator, kondensor, tabung reaksi, digital pH meter, neraca analitik, dan *vortex mixer*. Untuk alat analisa yang digunakan yaitu *spektrofotometer UV-Vis*, alkoholmeter, dan refraktometer.

2. Rancangan percobaan

Penelitian menggunakan *central composite design* sesuai dengan metode RSM untuk optimasi suatu proses. Pelaksanaan pembuatan bioetanol dari serat buah kelapa sawit dengan metode SHF dilakukan dengan dua tinjauan variabel yaitu konsentrasi H₂SO₄ dan lama fermentasi. Variabel tidak tetap pada penelitian ini adalah konsentrasi larutan H₂SO₄ (1M, 2M, 3M) dan lama fermentasi (1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari).

Adapun variabel tetap dalam penelitian ini berdasarkan referensi yang ada, antara lain: volume fermentasi 10% (v/v), waktu peragian 24 jam, volume fermentasi 2 liter, pH fermentasi sebesar 4,5, suhu fermentasi adalah suhu ruang, kecepatan pengadukan 200 rpm, ukuran serat 0,5-1 cm (Akbar, 2015) (Ni'mah dkk., 2015).

B. Prosedur Penelitian

1. Perlakuan Pendahuluan Serat Buah Sawit

Proses awal berupa perlakuan pendahuluan terhadap bahan baku yang kemudian disakarifikasi dengan metode hidrolisis menggunakan asam sulfat, sehingga diperoleh larutan fermentasi yang mengandung gula (Kurniawan dkk, 2017). Bahan baku berupa serat buah sawit dicuci dengan air bersih dan dijemur sampai kering, kemudian diblender untuk memperkecil ukuran serat menjadi 0,5-1 cm. Bahan baku serat buah sawit ini dianalisa kandungan lignoselulosanya dengan metode Chesson-datta (Ni'mah dkk., 2015).

2. Hidrolisis Serat Buah Sawit

Bahan baku serat yang telah diperkecil kemudian disakarifikasi dengan hidrolisis menggunakan H₂SO₄ dengan variabel 1M, 2M dan 3M. Adapun perbandingan serat dengan H₂SO₄ adalah 1:20 pada suhu 100 °C selama 3 jam. Kemudian hasil hidrolisis disaring dan diambil filtratnya, yang merupakan larutan dengan

kandungan gula hasil konversi dari serbuk serat buah sawit. Larutan filtrat ini dinetralkan dengan NaOH 50% hingga pH 4,5. Larutan hasil hidrolisis dianalisa kadar gulanya dengan *spektrofotometer* dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (Ni'mah dkk., 2015).

3. Pembuatan Larutan fermentasi

Pembuatan larutan fermentasi dilakukan di dalam erlenmeyer dengan cara pengambilan medium ragi sebanyak 10% dari volume fermentasi (200 mL), kemudian ditambahkan nutrisi 0,2 gram KH_2PO_4 , 0,01 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 0,4 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Tahapan selanjutnya medium disterilisasi dengan *autoclave* dengan temperatur 121 °C selama 15 menit, lalu didinginkan hingga temperatur media fermentasi mencapai suhu ruang. Setelah mencapai suhu ruang, ragi *Saccharomyces cerevisiae* dimasukkan ke dalam larutan fermentasi dengan konsentrasi 4 gr/L, kemudian diinokulasi selama 24 jam dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm (Akbar dan Muria, 2015).

4. Fermentasi

Melalui metode SHF, proses sakarifikasi dengan hidrolisis memakai asam sulfat dilakukan sampai terbentuk larutan fermentasi. Setelah 24 jam, larutan fermentasi dimasukkan ke dalam 1800 mL. Larutan fermentasi hasil hidrolisis ditambahkan nutrisi (1,8 gram KH_2PO_4 , 0,09 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 3,6 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan disterilisasi sebelumnya, kemudian difermentasi dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Pengambilan sampel menggunakan pipet volume sebanyak 130 ml dengan waktu fermentasi 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Kemudian sampel dipanaskan di *waterbath* untuk menghentikan reaksi di dalamnya supaya mikroorganismenya mati. Sampel hasil fermentasi dianalisa kadar glukosa, dan kadar bioetanol yang dihasilkan (Arianie dan Idris, 2016).

5. Distilasi

Sampel hasil fermentasi selama 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari kemudian dilakukan distilasi pemisahan bioetanol dari campuran menggunakan *rotary vacuum evaporator*.

C. Analisa Hasil

Parameter analisa pada penelitian ini yaitu kadar glukosa, dan kadar bioetanol. Kadar gula dianalisa dengan metode antroni menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran kadar bioetanol dilakukan dengan memisahkan substrat hasil fermentasi dari mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi dan larutan gula sisa dengan cara menguapkan campuran bioetanol dan air menggunakan *rotary vacuum evaporator*, kemudian bioetanol dalam campuran diukur menggunakan alkoholmeter dan analisa refraktometer (Ni'mah dkk, 2015).

D. Optimasi Proses

Penelitian ini menggunakan *Response Surface Method (RSM)* untuk optimasi proses. RSM merupakan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk pemodelan dan analisa masalah dimana responnya dipengaruhi oleh beberapa variabel yang tujuannya untuk mengoptimalkan respon tersebut (Montgomery, 2001). Dengan menggunakan metode RSM meliputi perancangan percobaan, pengembangan model matematis dan penentuan kondisi optimum untuk variabel bebas sehingga diperoleh hasil maksimum dan minimum dari suatu proses. Pemakaian metode RSM akan diperoleh persamaan polinomial kuadrat yang dapat digunakan untuk memperkirakan hasil dari fungsi variabel bebas serta interaksinya (Wibowo dkk, 2019).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Serat Buah Sawit

Kandungan lignoselulosa pada bahan baku limbah serat buah sawit melalui pengujian kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa dengan menggunakan metode Chesson-datta. Kandungan pada serat buah kelapa sawit diperoleh kandungan lignin sebesar 31,34%; hemiselulosa 19,8%; selulosa 38,45% serta abu sebesar 3,24%. Hasil ini tidak terlalu berbeda dengan pernyataan Kong dkk (2014), bahwa kandungan pada serat buah sawit meliputi 33,9 % selulosa, 26,1% hemiselulosa, 27,7% lignin, 3,5% abu, 6,9% zat ekstraktif. Dengan melihat kandungan bahan tersebut akan terlihat apakah bahan baku termasuk bahan lignoselulik yang dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk bioethanol generasi kedua.

Kandungan Gula Pada Larutan Fermentasi

Pada penelitian ini, variasi konsentrasi asam sulfat pada proses hidrolisis dilakukan untuk mengetahui kandungan gula yang terbesar pada larutan fermentasi. Filtrat hasil hidrolisis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan reagen antron. Metode antron-sulfat merupakan metode penerapan gula total dimana prinsipnya, gula pereduksi dan gula non pereduksi akan bereaksi dengan asam sulfat pekat membentuk furfural dan turunannya yang kemudian akan bereaksi membentuk kompleks berwarna kuning kehijauan dengan reagen antron (Ni'mah dkk, 2015). Hasil analisa kadar gula akibat variasi konsentrasi H₂SO₄ pada proses hidrolisis seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gula pada Larutan Fermentasi Hasil Hidrolisis Asam

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Kandungan Gula (g/L)
1 M	56,45
2 M	75,96
3 M	88,23

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa kandungan gula meningkat seiring peningkatan konsentrasi asam sulfat. Kandungan gula pada larutan fermentasi hasil hidrolisis asam yang tertinggi pada konsentrasi asam sulfat 3 M sebesar 88,23 g/L. Sehingga proses hidrolisis serat buah sawit menjadi gula sederhana akan meningkat seiring peningkatan konsentrasi asam sulfat yang dipergunakan.

Pada proses hidrolisis, gugus H⁺ dari H₂SO₄ akan mengubah gugus serat dari serat buah kelapa sawit menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas serat kemudian akan berikatan dengan gugus OH⁻ dari air dan menghasilkan glukosa. Meskipun dengan peningkatan konsentrasi H₂SO₄ akan terbentuk lebih banyak gugus radikal bebas, akan tetapi menyebabkan semakin sedikit air dalam komposisi larutan hidrolisis sehingga kebutuhan akan OH⁻ sebagai pengikat radikal bebas serat menjadi berkurang dan glukosa yang dihasilkan semakin sedikit (Arianie dan Iidiawati, 2016).

Sesuai dengan hasil penelitian pada Tabel 1, terlihat bahwa kandungan gula terbesar diperoleh pada konsentrasi H₂SO₄ 3 M sebesar 88,23 g/L. Hal senada juga disampaikan oleh Putri dkk (2016), yang menyatakan bahwa hidrolisis menggunakan H₂SO₄ diperoleh kandungan gula total tertinggal sebesar 9,53%. Ni'mah dkk (2015) menyatakan dengan kandungan bahan lignoselulose pada serat sawit akan dikonversi menjadi gula sederhana dengan proses sakarifikasi (metode asam). Sehingga bila kandungan lignoselulose semakin tinggi maka gula sederhana yang terbentuk juga meningkat dan pada akhirnya terfermentasi menjadi bioethanol semakin banyak. Dan waktu yang paling baik untuk proses hidrolisis serat buah sawit dengan katalis H₂SO₄ adalah 3 jam.

Optimasi Proses

Tahapan selanjutnya berupa optimasi proses produksi bioethanol dengan RSM. Desain percobaan menggunakan *central composite design* (CCD) dengan 13 plot percobaan. Pemakaian rancangan CCD dengan variabel pertama adalah konsentrasi H₂SO₄ (X₁) sebesar 1 M, 2 M, dan 3 M. Variabel kedua berupa waktu fermentasi (X₂) dengan 5 taraf yaitu 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Hasil respon kadar bioethanol dari interaksi faktor konsentrasi H₂SO₄ (X₁) dengan faktor waktu fermentasi (X₂) seperti terlihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dan 3 dapat diperoleh informasi bahwa Nilai Model F dari 43,44 menyiratkan model ini signifikan. Kemungkinan < 0,01% bahwa "Model F-Value" sebesar ini dapat terjadi karena noise dari data. Dengan nilai "Prob> F" kurang dari 0,05 menunjukkan istilah model yang signifikan. Sehingga faktor X₁, X₂, interaksi X₁X₂ maupun X₁² dan X₂² menunjukkan model signifikan. "Nilai Lack of Fit F" dari 33,39 menyiratkan bahwa Lack of Fit adalah signifikan dengan nilai p-value 0,27%. Adapun persamaan kadar bioethanol dengan variabel faktor konsentrasi H₂SO₄ (X₁) dengan faktor waktu fermentasi (X₂) sebagai berikut :

$$Y = 23,74 + 4,07 X_1 + 5,75 X_2 - 1,75 X_1^2 - 4,72 X_2^2 + 1,97 X_1 X_2$$

Tabel 2. Respon Kadar Bioetanol Dari Interaksi Faktor Konsentrasi H₂SO₄ (X₁) Dengan Faktor Waktu Fermentasi (X₂)

Std	Run	Faktor 1 (X ₁) Konsentrasi H ₂ SO ₄ (M)	Faktor 2 (X ₂) Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Bioetanol (g/L)
6	1	3,41	3,00	27,63
10	2	2,00	3,00	23,68
5	3	0,59	3,00	15,79
3	4	1,00	5,00	15,79
13	5	2,00	3,00	23,05
12	6	2,00	3,00	23,98
2	7	3,00	1,00	11,84
9	8	2,00	3,00	24,15
1	9	1,00	1,00	7,89
7	10	2,00	0,17	7,89
11	11	2,00	3,00	23,83
8	12	2,00	5,83	23,68
4	13	3,00	5,00	27,63

Keterangan:

Std = Standar model fitting

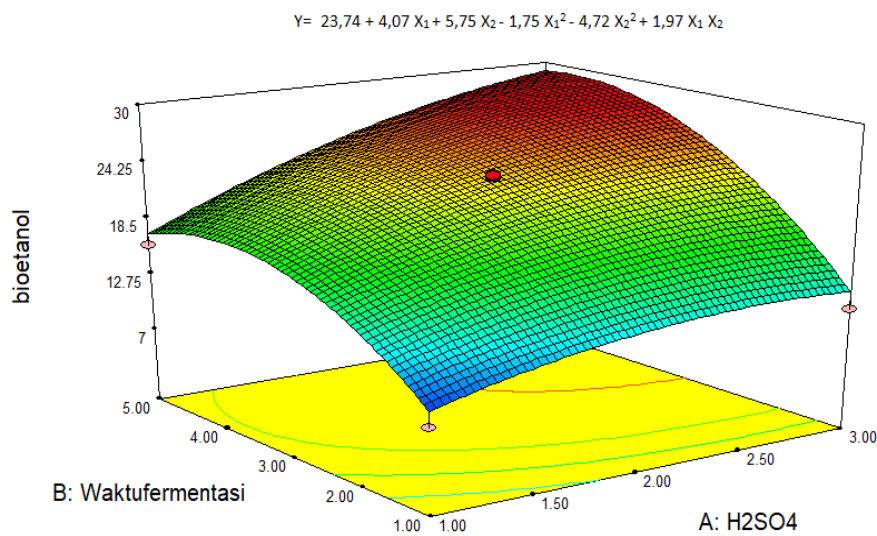
Run = running percobaan

Tabel 3. ANOVA CCD Optimasi Produksi Bioetanol Dari Limbah Serat Buah Sawit
ANOVA for Response Surface Quadratic Model

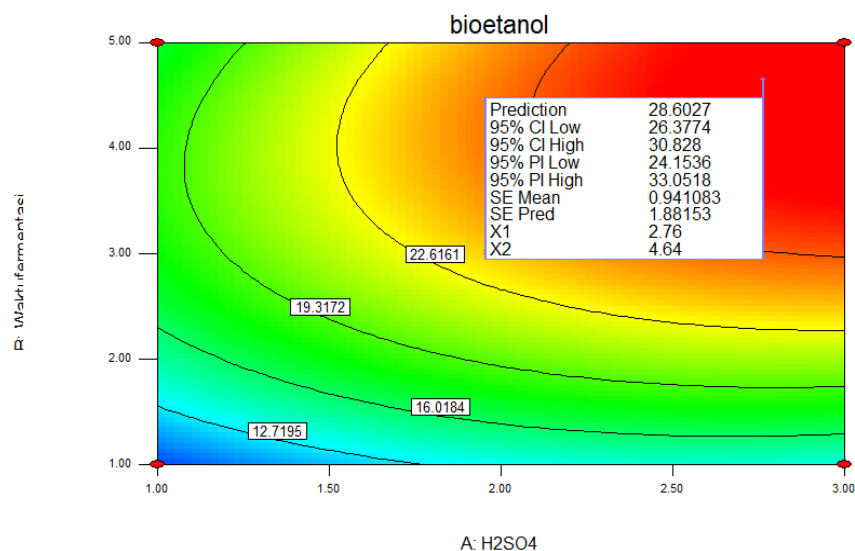
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	576,5363413	5	115,3072683	43,43825806	< 0.0001*	<i>significant</i>
A-H2SO4	132,3099917	1	132,3099917	49,84348038	0.0002	
B- Waktufermentasi	264,7350219	1	264,7350219	99,73029779	< 0.0001	
AB	15,563025	1	15,563025	5,862862823	0.0460	
A ²	21,40185043	1	21,40185043	8,06245015	0.0251	
B ²	154,7504157	1	154,7504157	58,29717929	0.0001	
Residual	18,58156643	7	2,65450949			
Lack of Fit	17,86808643	3	5,95602881	33,39142686	0.0027*	<i>significant</i>
Pure Error	0,71348	4	0,17837			
Cor Total	595,1179077	12				

Ket : *R-squared* 0.9688; *p-value* <0.0001; lack of fit 0.0027



Gambar 1. Response Surface Kadar Bioetanol Dari Interaksi Faktor Konsentrasi H_2SO_4 (X_1) Dengan Faktor Waktu Fermentasi (X_2)



Gambar 2. Plot Kontur Response Surface Kadar Bioetanol Dari Interaksi Faktor Konsentrasi H_2SO_4 (X_1) Dengan Faktor Waktu Fermentasi (X_2).

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa kadar bioetanol meningkat seiring peningkatan konsentrasi H_2SO_4 dan bertambahnya waktu fermentasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* mampu tumbuh dan berkembang pada media larutan fermentasi yang mampu mengkonversi gula sederhana menjadi bioetanol. Namun waktu fermentasi juga memiliki batas maksimal yaitu pada 4,64 hari meskipun pengamatan dilakukan sampai hari ke 5. Riadi (2007),

menyatakan bahwa pada fermentasi dengan waktu lebih dari 4-5 hari, *Saccharomyces cerevisiae* akan mengalami pelambatan fase pertumbuhan dan mengalami fase kematian, sehingga aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dalam menkonversi gula pereduksi menjadi bioetanol menurun.

Demikian juga konsentrasi H_2SO_4 yang meningkat akan meningkatkan kandungan gula sederhana pada larutan fermentasi, namun akan mencapai maksimal pada konsentrasi 2,76 M. Menurut,

Penurunan kadar bioetanol disebabkan substrat dalam medium fermentasi mulai menurun dan bahkan telah habis digunakan. Di samping hal tersebut ragi yang digunakan telah mengalami fase kematian sehingga kemampuan dalam mengkonversi gula pereduksi menjadi bioetanol menurun (Mayzuhroh, 2015). Penurunan kadar bioetanol juga dipengaruhi adanya reaksi lanjut perubahan bioetanol menjadi asam asetat (Wibowo dkk, 2015). Berdasarkan hasil optimasi RSM seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2, menunjukkan bahwa kondisi proses yang optimum di peroleh pada konsentrasi H_2SO_4 sebesar 2,76 M dengan waktu fermentasi selama 4,64 hari yang akan memberikan hasil kadar bioetanol sebesar 28,6027 g/L.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian diperoleh kondisi proses produksi bioetanol yang optimum adalah konsentrasi H_2SO_4 sebesar 2,76 M dengan waktu fermentasi selama 4,64 hari yang akan memberikan hasil kadar bioetanol sebesar 28,6027 g/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. A., & Muria, S. R. (2015). Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Pembuatan Bioetanol dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Ardiansyah, F., Gunningham, N., & Drahos, P. (2012). An Environmental Perspective on Energy Development in Indonesia. In *Energy And Non-Traditional Security (NTS) in Asia* (pp. 89-117). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Arianie, L., & Idiawati, N. (2016). Penentuan Lignin Dan Kadar Glukosa Dalam Hidrolisis Organosolv Dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 5(2), 140-150.
- Jannah, A. M. (2017). Pemanfaatan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol dengan Proses Delignifikasi Acid-Pretreatment. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(4), 245-251.
- Kong, S. H., Loh, S. K., Bachmann, R. T., Rahim, S. A., & Salimon, J. (2014). Biochar from Oil Palm Biomass: A Review of Its Potential and Challenges. *Renewable and sustainable energy reviews*, 39, 729-739.
- Kurniawan, E. W., Amirta, R., Budiarmo, E., & Arung, E. T. (2017, June). Mixing of Acacia Bark and Palm Shells to Increase Caloric Value of Palm Shells White Charcoal Briquette. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1854, No. 1, p. 020021). AIP Publishing LLC.
- KURNIAWAN, E. W. (2008). Optimasi Produksi White Charcoal Dari Arang Limbah Cangkang Kelapa Sawit (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Kurniawan, E. W. (2019). Studi Karakteristik Briket Tempurung Kelapa dengan Berbagai Jenis Perekat Briket. *Buletin Loupe*, 15(01), 300797.
- Lennartsson, P. R., Erlandsson, P., & Taherzadeh, M. J. (2014). Integration of The First and Second Generation Bioethanol Processes and The Importance of By-products. *Bioresource technology*, 165, 3-8.
- Mayzuhroh, A. (2015). Produksi Bioetanol Menggunakan Ragi Alkohol Instan (Angel Alcohol Active Dry Yeast dan New Aule Alcohol Yeast) dengan dan Tanpa Pemberian Aerasi dan Agitasi Pada Media Molasses. Skripsi. Universitas Jember, Jember.
- Montgomery, Douglas C. 2001. Design and Analisis of Experiments 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Ni'mah, L., Ardiyanto, A., & Zainuddin, M. (2016). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Serat Kelapa Sawit Melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Menggunakan Ragi Tape. *INFO-TEKNIK*, 16(2), 227-242.
- Putri, N. C., Hartiati, A., & Admadi, B. (2016). Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Asam Terhadap Nilai Dextrose Equivalent Pada Hidrolisis Pati Ubi Talas (*colocasia esculenta* L. school). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 4(3), 139-148.

- Riadi, L. (2007). Teknologi Fermentasi. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 1-3.
- Wahono, S. K., Darsih, C., Rosyida, V. T., Maryana, R., & Pratiwi, D. (2014). Optimization of cellulose enzyme in the simultaneous saccharification and fermentation of sugarcane bagasse on the second-generation bioethanol production technology. *Energy Procedia*, 47, 268-272.
- Wibowo, K. E., Rudianto, A., Edy, B., & Tangke, A. E. (2019). Optimization Of Temperature And Time Pyrolysis From White Charcoal Briquette Production Of Wasted Oil Palm Shell And Acacia Bark With RSM Method. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 95(11).
- Wibowo, F., Chairul, C., & Irdoni, S. (2015). *Pengaruh Kecepatan Pengaduk dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol pada Fermentasi Nira Nipah Kental Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae* (Doctoral dissertation, Riau University).