

Submitted : 15 July 2024

Revised : 2 October 2024

Accepted : 25 October 2024

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PT ENERGI AGRO NUSANTARA DENGAN METODE HIDROLISIS BASA DAN FERMENTASI

Rachma Putri Salsya Dilla\*, Salsa Bila Naris Danur Putri\*, Ni Ketut Sari

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, 60294, Indonesia

\*Email: [rachmaputrisd.01@gmail.com](mailto:rachmaputrisd.01@gmail.com)

### Abstrak

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi yang didapatkan dari proses fermentasi nabati. Pembuatan bioetanol memanfaatkan limbah cair hasil proses fermentasi sebagai bahan baku. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kadar bioetanol yang tinggi dan kadar glukosa yang rendah dari limbah cair hasil proses fermentasi dengan cara hidrolisis basa dan fermentasi anaerobik. Proses fermentasi dilakukan dengan penambahan kadar *turbo yeast pure 48* masing-masing sebanyak 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; dan 0,7 (g/ml) dengan waktu fermentasi selama 4, 6, 8, 10, dan 12 hari. Limbah cair diproses hidrolisis basa menggunakan larutan NaOH 8N. Proses fermentasi dilakukan secara anaerobik dengan penambahan urea dan NPK 0,6 g/ 600ml dan kondisi pH 4. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 10% dengan kadar glukosa sisa sebesar 12% dan penambahan kadar *turbo yeast pure 48* sebanyak 0,5 g/ml pada hari ke-8. Hasil optimasi menggunakan *response surface methodology* (RSM) didapatkan hasil terbaik diperoleh pada kadar *turbo yeast pure 48* sebanyak 0,419 g/ml dengan waktu fermentasi 11,978 hari akan mendapatkan kadar glukosa 21,231% dan kadar bioetanol sebesar 4,087%. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kadar *turbo yeast* dan waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar glukosa dan bioetanol. Penambahan *turbo yeast* meningkatkan kadar bioetanol dan menurunkan kadar glukosa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah yang dihasilkan dari PT Energi Agro Nusantara dan menghasilkan kadar glukosa sisa yang rendah serta kadar bioetanol yang tinggi.

**Kata Kunci:** Bioetanol; Glukosa; RSM; Turbo yeast pure 48

### Abstract

*Bioethanol is one of the sources of energy obtained from the vegetable fermentation process. Bioethanol production utilises liquid waste from the fermentation process as raw materials. This study aims to get high bioethanol and low glucose levels from liquid waste through alkaline hydrolysis and anaerobic fermentation. The fermentation process was carried out by adding turbo yeast pure 48 at concentrations of 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, and 0.7 (g/ml), respectively, with a fermentation time of 4, 6, 8, 10, and 12 days. Liquid waste was processed by alkaline hydrolysis using NaOH 8N solution. The fermentation process was anaerobically done by adding urea and NPK 0.6 g/ 600ml at a pH of 4. Based on the study's results, the highest bioethanol content was obtained at 10% with a residual glucose level of 12% and an additional turbo yeast pure 48 of 0.5 g/ml on the 8th day. The optimisation results using the response surface methodology (RSM) obtained the best results at the turbo yeast pure 48 levels of 0.419 g/ml with a fermentation time of 11.978 days, which will get a glucose level of 21.231% and a bioethanol content of 4.087%. This study shows that the addition of turbo yeast levels and fermentation time has a significant effect on glucose and bioethanol levels. The addition of turbo yeast increases bioethanol levels and lowers glucose levels. The results of this study are expected to reduce waste generated from PT Energi Agro Nusantara and produce low residual glucose levels and high bioethanol levels.*

**Keywords:** Bioethanol; Glucose; RSM; Turbo yeast

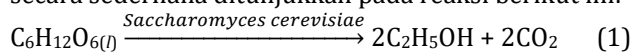
## 1. PENDAHULUAN

Bioetanol adalah etanol yang terbuat dari biomassa yang mengandung pati atau selulosa. Bahan baku yang digunakan dalam produksi bioetanol merupakan tanaman yang menghasilkan gula (tebu dan molase), pati (jagung dan sagu, dan umbi-umbian) (Setyawan Jati & Widayatno, 2022). Bioetanol diproduksi di salah satu perusahaan energi terbarukan yakni di PT Energi Agro Nusantara, dimana molase (tetes tebu) diubah menjadi bioetanol 99,5% dengan proses fermentasi anaerob menggunakan bakteri jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil proses fermentasi menghasilkan limbah cair yang dapat mengganggu kesehatan dan masyarakat sekitar karena bau yang menyengat. Oleh karena itu, limbah cair hasil proses fermentasi diolah kembali menjadi bioetanol (Dhanavia, 2019).

Tahapan pengolahan limbah hasil proses fermentasi bioetanol dilakukan melalui proses hidrolisis yakni proses di mana senyawa dipecah atau diubah menjadi glukosa (Bachtiar et al., 2021). Hidrolisis secara basa melibatkan penggunaan basa untuk memecah suatu senyawa dengan mereaksikan dengan air. Hidrolisis basa umumnya menggunakan NaOH dan sering kali melibatkan tekanan yang tinggi untuk mengoptimalkan reaksi (Adlin et al., 2019).

Fermentasi merupakan proses perubahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada proses fermentasi ini memakan waktu sekitar  $\pm 2$  minggu untuk kondisi tanpa oksigen dan umumnya menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (Herdini et al., 2020). *Saccharomyces cerevisiae* mengolah gula tanpa adanya oksigen yang menghasilkan bioetanol dan karbon dioksida. Dibandingkan dengan *yeast* dan jamur lainnya, *saccharomyces cerevisiae* lebih sering digunakan dalam produksi alkohol secara komersial. Hal ini disebabkan kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan alkohol dalam jumlah besar dan dengan toleransi kadar alkohol yang tinggi. Alkohol yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* berkisar dari 8-20% dalam kondisi optimum. *Saccharomyces cerevisiae* juga stabil, tidak berbahaya atau beracun, mudah diperoleh, dan mudah dipelihara. *Yeast* tidak banyak digunakan untuk produksi alkohol secara komersial, karena sebagian besar *yeast* tidak tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi (Raharja et al., 2019).

Reaksi yang terjadi pada proses produksi bioetanol secara sederhana ditunjukkan pada reaksi berikut ini:



Dimana  $C_6H_{12}O_6$  adalah glukosa;  $C_2H_5OH$  adalah etanol, dan  $CO_2$  adalah karbondioksida (Sari & Purbasari, 2021).

Bioetanol diperoleh dari fermentasi glukosa yang diikuti dengan proses distilasi. Molase mengandung sekitar 60% pati dan 15% glukosa. Kedua bahan polisakarida ini dapat dihidrolisis untuk menghasilkan monosakarida dan difermentasi menjadi bioetanol (Hidayati, 2022). Bioetanol hasil fermentasi hanya mengandung bioetanol dengan kandungan 11,5-12,5% (Sriana, 2019). Unsur penyusun bioetanol adalah

selulosa, glukosa, dan pati. Rata-rata kandungan selulosa 48%, glukosa 5%, dan pati 20% (Sari & Ernawati, 2018).

Pembuatan bioetanol dari limbah cair tepung terigu dihidrolisis menggunakan katalis asam menghasilkan glukosa 11% dan dilakukan proses fermentasi menggunakan Alcotec 48 turbo yeast 10% selama 5 hari diperoleh kadar etanol sebesar 37% (Bachtiar et al., 2021). Bahan baku dari biji angka yang dihidrolisis dengan penambahan enzim  $\alpha$ -amilase dan glukoamilase sebanyak 60 ml menghasilkan kadar glukosa 14%, kemudian dilakukan proses fermentasi menggunakan *saccharomyces cerevisiae* selama 60 jam menghasilkan kadar etanol sebesar 40% (Arifiyanti et al., 2020).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Putri et al. (2023) dengan menggunakan bahan baku limbah cair tepung dengan proses hidrolisis dan fermentasi menggunakan Alcotec 48 turbo yeast didapatkan nilai kadar bioetanol sebesar 31 % dengan pH filtrat glukosa yaitu pH 6 dan waktu fermentasi selama 7 hari. Setelah dilakukan optimasi menggunakan *response surface method* (RSM) kadar optimum bioethanol sebesar 30,3 % dengan nilai pH filtrat glukosa 6,267 dan waktu fermentasi selama 7 hari. Nilai  $R^2$  model persamaan sebesar 87,56%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan limbah cair hasil proses fermentasi bioetanol dari PT Energi Agro Nusantara yang diproses melalui hidrolisis basa menggunakan katalis natrium hidroksida. Hidrolisat yang mengandung glukosa kemudian difermentasi secara anaerobik dengan waktu fermentasi selama 4-12 hari. Penggunaan Turbo yeast pure 48 dikarenakan kandungan nutrisi didalamnya dan dapat berkembangbiak dengan suhu ruang 30°C, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi dan kadar glukosa sisa yang rendah. Optimasi hasil bioetanol dan glukosa sisa dengan variabel terkait dilakukan menggunakan dengan *response surface method* (RSM).

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah cair hasil proses fermentasi pabrik PT Energi Agro Nusantara, NaOH, Turbo yeast pure 48, urea, NPK, dan akuades.

### 2.2 Prosedur Pembuatan Bioetanol

Limbah cair hasil proses fermentasi sebanyak 15 liter difiltrasi dan dilakukan proses hidrolisis basa dengan penambahan NaOH 8N di dalam tangki hidrolisis disertai pengadukan selama 60 menit dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 30°C secara kontinu selama 1 jam. Hasil hidrolisis kemudian disaring untuk diambil filtratnya untuk digunakan proses fermentasi. Glukosa yang diperoleh dianalisis pH dan kadar glukosa menggunakan refraktometer. Gambar rangkaian alat hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 1.

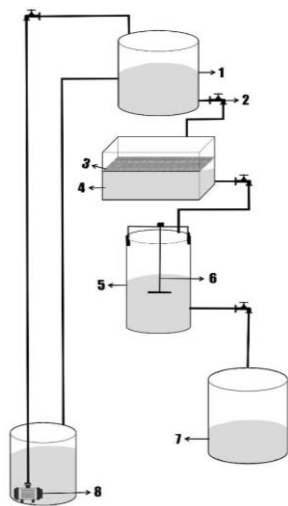
Filtrat hidrolisis sebanyak 600 ml dimasukkan ke dalam masing-masing botol fermentor yang kemudian disterilkan dalam inkubator selama 30 menit. Filtrat

yang telah disterilkan ditambahkan turbo yeast pure 48 sebanyak 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; dan 0,7 g/ml. NPK dan Urea masing-masing 0,6 g/600 ml ditambahkan sebagai nutrisi ke dalam masing-masing botol fermentor. Kemudian pada botol terpisah berisi akuades ditutup rapat. Botol akuades dan fermentor lalu disambungkan selang penghubung pada botol fermentor dan botol akuades sebagai indikator adanya CO<sub>2</sub>. Setelah rangkaian alat terpasang dilakukan proses fermentasi selama 4, 6, 8, 10, dan 12 hari. Gambar rangkaian alat fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil fermentasi yang didapat kemudian di analisis kadar etanolnya dengan refraktometer alkohol, analisis kadar glukosa menggunakan refraktometer glukosa, dan dilakukan optimasi hasil dengan *response surface method (RSM)*.

**2.3 Optimasi Hasil dengan RSM**

*Response surface method (RSM)* merupakan kombinasi antara teknik matematika dan statistika yang digunakan untuk pengembangan dan optimisasi suatu proses. Proses prediksi pada metode RSM ini menggunakan pendekatan fungsi polinomial orde dua untuk memvisualisasikan pengaruh variabel terhadap respon, yang dianalisis dengan model statistik *analysis of variance (ANOVA)*.

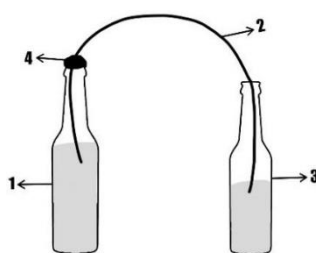
*Analysis of variance (ANOVA)* merupakan salah satu model analisis statistik yang diaplikasikan dalam RSM sebagai alat perhitungan untuk menentukan variabel peubah yang paling berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon.



Keterangan :

1. Tangki Penyimpanan
2. Valve
3. Penyaring
4. Tangki penyaring
5. Tangki hidrolisis
6. Pengaduk
7. Tangki
8. Pompa

**Gambar 1.** Rangkaian alat hidrolisis



Keterangan :

1. Botol Fermentor
2. Selang
3. Botol berisi air
4. Plastisin

**Gambar 2.** Rangkaian alat fermentasi

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Analisis Kandungan Limbah Cair Hasil Proses Fermentasi**

Penelitian ini menggunakan bahan baku limbah cair hasil proses fermentasi bioetanol dari PT Energi Agro Nusantara. Limbah cair ini memiliki kandungan glukosa dan pati yang dapat diolah kembali menjadi bioetanol dan glukosa sisa. Analisis kadar pati dan glukosa dilakukan di Laboratorium Gizi Universitas Airlangga. Hasil analisis kadar glukosa dan pati yang dilakukan sebelum dan sesudah proses hidrolisis disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis kandungan glukosa dan pati pada limbah cair

Kondisi	glukosa (%)	Pati (%)
Sebelum	10	2,25
Sesudah	11	4,57

Berdasarkan Tabel 1, proses *pretreatment* hidrolisis basa pada limbah cair hasil proses fermentasi bioetanol berhasil. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa yang terkandung dalam limbah cair proses fermentasi. Menurut Kania et al. (2023) kandungan maksimal glukosa yang dapat memproduksi bioetanol yaitu 15%, dimana pada konsentrasi tersebut mikroba akan tumbuh dan mengkonversi substrat menjadi etanol tanpa menyebabkan metabolisme sel menurun. Apabila konsentrasi glukosa semakin tinggi maka akan meningkatkan tekanan osmosis yang dapat mengganggu metabolisme sel dan efisiensi proses fermentasi.

**3.2 Analisis Kandungan Bioetanol Proses Fermentasi**

Proses fermentasi bertujuan untuk mengkonversi kandungan glukosa pada limbah cair hasil fermentasi menjadi bioetanol dengan bantuan turbo yeast pure 48. Proses fermentasi dilakukan secara anaerobik (tanpa adanya oksigen). Jenis yeast, pH, dan volume filtrat hasil hidrolisis digunakan sebagai variabel tetap. Sedangkan waktu fermentasi dan kadar turbo yeast pure 48 sebagai peubah. Pengujian kadar bioetanol dilakukan menggunakan alat refraktometer alkohol dan dilakukan pengujian kadar glukosa sisa hasil fermentasi menggunakan refraktometer glukosa. Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan data kadar glukosa dan bioetanol hasil penelitian, didapatkan kadar glukosa sisa tertinggi sebesar 22% v/v dan kadar bioetanol tertinggi sebesar 10% v/v.

**Tabel 2.** Analisis kadar glukosa pada proses fermentasi

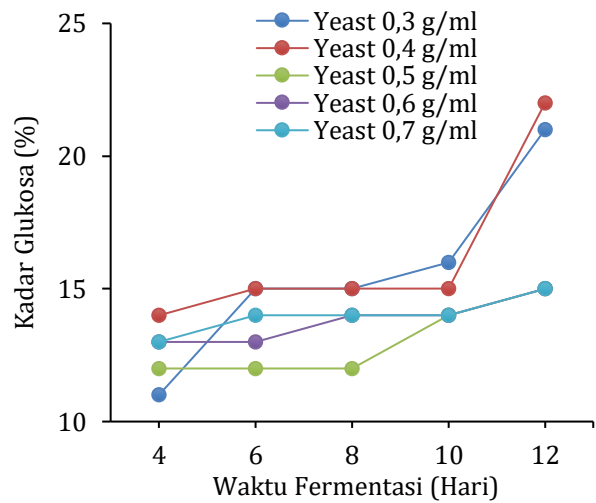
Kadar Turbo Yeast pure 48 (g/ml)	Kadar Glukosa (% v/v)				
	Waktu fermentasi (Hari)				
	4	6	8	10	12
0,3	11	14	12	13	13
0,4	15	15	12	13	14
0,5	15	15	12	14	14
0,6	16	15	14	14	14
0,7	21	22	15	15	15

**Tabel 3.** Analisis kadar bioetanol pada proses fermentasi

Kadar Turbo Yeast pure 48 (g/ml)	Kadar Bioetanol (% v/v)				
	Waktu fermentasi (Hari)				
	4	6	8	10	12
0,3	0	0	0	0	0
0,4	0	0	1	0	0
0,5	1	3	10	3	1
0,6	0	0	3	2	0
0,7	0	0	1	1	0

### 3.3 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Glukosa

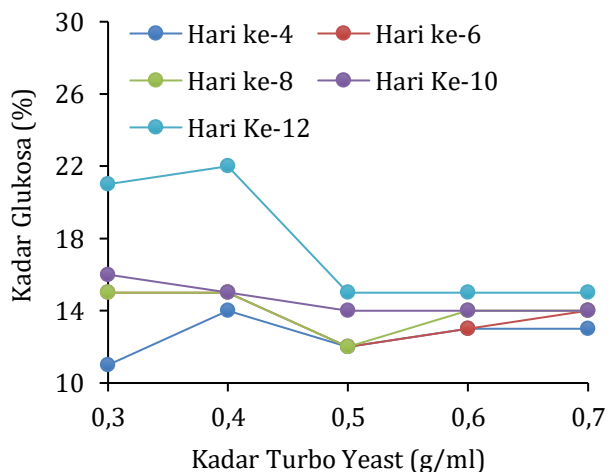
Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa nilai kadar glukosa mengalami peningkatan seiring dengan berjalannya waktu. Kondisi tersebut terjadi karena saat proses fermentasi, gula yang ada pada larutan dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* sebagai sumber karbon dalam memproduksi bioetanol. Namun, peningkatan gula reduksi ini menjadikan kadar bioetanol yang didapat semakin kecil karena menurut Kania et al. (2023), konsentrasi maksimal glukosa yang dapat memproduksi bioetanol sebesar 15%, dimana pada konsentrasi tersebut, turbo yeast pure 48 dapat berkembang biak dan mengkonversi substrat menjadi bioetanol tanpa menyebabkan metabolisme sel menurun. Apabila konsentrasi glukosa semakin tinggi maka akan meningkatkan tekanan osmotik yang dapat mengganggu metabolisme sel dalam proses fermentasi. Menurut Khairiah & Ridwan (2021), jika massa ragi yang ditambahkan terlalu banyak maka akan mempercepat waktu fermentasi dikarenakan banyaknya massa ragi yang mengubah glukosa menjadi bioetanol. Sebaliknya, jika massa ragi kecil maka akan menurunkan waktu fermentasi karena sedikit massa yang mengubah glukosa menjadi bioetanol dengan waktu optimum fermentasi selama 8 hari.



**Gambar 1.** Hubungan antara kadar glukosa dengan waktu fermentasi

### 3.4 Pengaruh Kadar Turbo Yeast Terhadap Kadar Glukosa

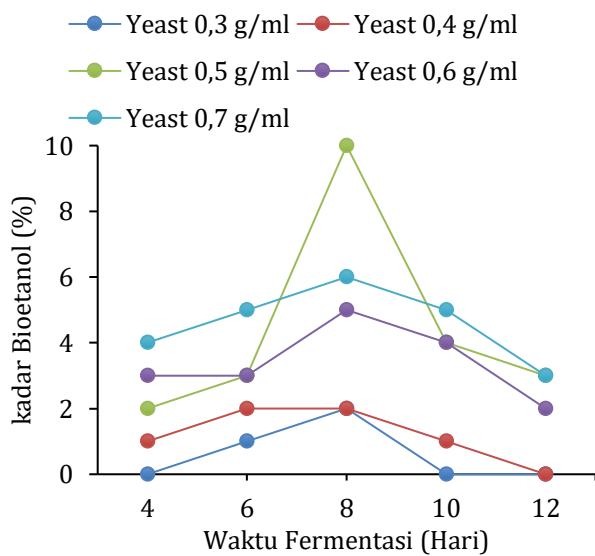
Pada Gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi kadar turbo yeast pure 48 ditambahkan, kadar glukosa semakin menurun. Penurunan kadar glukosa menyebabkan naiknya kadar bioetanol yang dihasilkan, Pada hari ke-8 dengan penambahan turbo yeast pure 48 sebanyak 0,5 g/ml didapatkan kadar bioetanol sebesar 10% dengan kadar glukosa sisa sebesar 12%. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Kurniati et al. (2021) bahwa kadar glukosa mengalami penurunan di setiap harinya karena saat proses fermentasi kadar glukosa yang ada pada larutan dimanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* secara terus menerus sebagai sumber karbon dalam pembentukan bioetanol. Menurut Kolo et al. (2022), glukosa yang dimanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* adalah gula reduksi. Dimana semakin tinggi nilai gula reduksi tidak selalu menghasilkan konsentrasi etanol yang tinggi pula. Adanya sisa gula reduksi yang tidak terkonversi dapat disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi antara lingkungan dengan media pertumbuhan yang besar sebagai akibat dari gula reduksi di luar sel yang terlalu tinggi dan mengganggu metabolisme sel.



**Gambar 2.** Hubungan antara kadar glukosa dengan kadar turbo yeast

### 3.5 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa pada hari ke-4 mikroorganismen telah mencapai fase adaptasi, sehingga kadar bioetanol akan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu, hal ini disebabkan karena mikroorganismen telah mengalami fase eksponensial (*exponential phase*) pada hari ke-6 dan hari ke-8. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar turbo yeast pure 48 yang tinggi bersama dengan lamanya waktu fermentasi, dapat mempercepat fase eksponensial menuju ke fase stasioner dan menuju fase kematian (*phase of accelerated death*). Hal ini disebabkan karena jumlah mikroorganismen yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan jumlah nutrien yang diberikan selama proses fermentasi, sehingga akan berdampak buruk bagi pertumbuhan mikroorganismen. Menurut Kurniati et al. (2021), setelah waktu optimum yang berada pada fase stasioner, jumlah bakteri *Saccharomyces cerevisiae* akan menurun dan produksi bioetanol juga akan semakin berkurang.

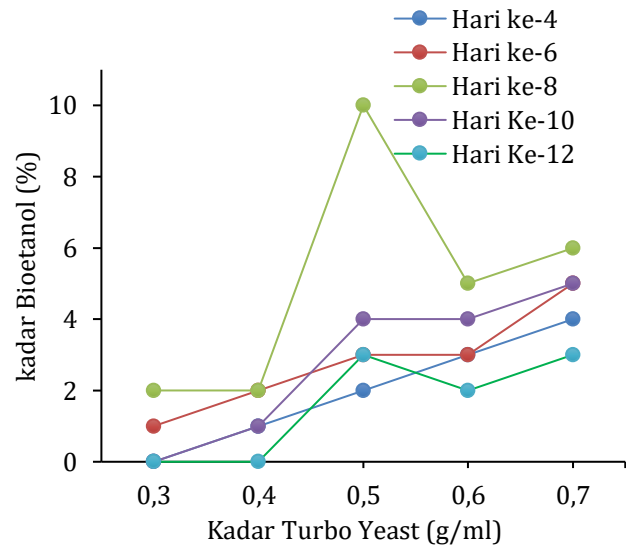


**Gambar 3.** Hubungan antara kadar bioetanol dengan waktu fermentasi

### 3.6 Pengaruh Kadar Turbo Yeast Terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan Gambar 4 pengaruh kadar turbo yeast pure 48 didapatkan semakin banyak kadar turbo yeast pure 48 maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar. Hasil kandungan bioetanol tertinggi sebesar 10% pada hari ke-8 dengan penambahan kadar turbo yeast pure 48 sebanyak 0,5 g/ml. Menurut Bachtiar et al. (2021), konsentrasi ragi yang tinggi dapat dengan mudah memfermentasi lebih baik dari pada konsentrasi ragi yang rendah dan penggunaan ragi turbo yeast pure 48 dapat menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi dari pada penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* biasa atau penggunaan mikroorganismen yang lain. Tetapi pada hari ke-8 dengan penambahan kadar turbo yeast pure 48 0,6 g/ml, kadar bioetanol mengalami penurunan. Menurut

penelitian yang dilakukan oleh Meisela et al. (2016), penurunan kadar bioetanol disebabkan karena turbo yeast pure 48 sudah tidak dapat merubah glukosa menjadi bioetanol. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi glukosa yang digunakan oleh bakteri *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan bioetanol habis, maka proses bioetanol akan berhenti akibatnya konsentrasi bioetanol akan menurun.



**Gambar 4.** Hubungan antara kadar bioetanol dengan kadar turbo yeast

### 3.7 Optimasi Hasil dengan Response Surface Methodology (RSM)

Setelah didapatkan hasil analisis dan perhitungan data dari bioetanol, maka dilakukan optimasi menggunakan Metode *response surface methodology (RSM)*. Hasil optimasi akan menunjukkan fungsi persamaan respon terhadap kondisi yang diubah seperti kadar turbo yeast pure 48 dan waktu fermentasi. Berikut persamaan yang dihasilkan dari hasil optimasi.

$$\text{Kadar glukosa} = 25.066664 - 10.35692 X_1 - 2.92548 X_2 - 1.56250 X_1X_2 + 14.0625 X_1^2 + 0.285156 X_2^2 \quad (2)$$

$$\text{Kadar bioetanol} = - 37.14951 + 103.95527 X_1 + 4.93750 X_2 - 0.312500 X_1X_2 - 95.312500 X_1^2 - 0.300781 X_2^2 \quad (3)$$

Dengan  $X_1$  adalah kadar turbo yeast pure 48 dan  $X_2$  adalah waktu Fermentasi.

**Tabel 4.** Solusi optimal berdasarkan RSM

Kadar Turbo Yeast	Waktu Fermentasi	Glukosa	Bioethanol
0.419	11.978	21.231	4.087
<b>Selected</b>			

Pada Tabel 4 didapatkan titik optimum dari sistem perhitungan ANOVA. Titik optimum tersebut didapat berdasarkan penambahan turbo yeast dan waktu fermentasi untuk mendapatkan kadar bioetanol tertinggi dan kadar glukosa yang rendah. Titik optimum dengan hasil respon yang terbaik diperoleh pada kadar turbo yeast pure 48 sebanyak 0,419 g/ml

dengan waktu fermentasi 11,978 hari akan mendapatkan kadar glukosa 21,231% dan kadar bioetanol sebesar 4,087%.

#### 4. KESIMPULAN

Limbah cair mengandung kadar glukosa sebesar 10% dan menjadi 11% setelah dilakukan proses hidrolisis basa menggunakan NaOH 8N. Tidak semua kandungan glukosa dapat dikonversi menjadi bioetanol pada proses fermentasi. Kondisi terbaik dari variabel yang telah dilakukan dengan penambahan kadar turbo yeast pure 48 sebanyak 0,5 g/ml pada hari ke-8 didapatkan kadar glukosa 12% dan bioetanol sebesar 10%. Kondisi terbaik dengan optimasi menggunakan *response surface methodology* (RSM) diperoleh pada kadar turbo yeast pure 48 sebanyak 0,419 g/ml dengan waktu fermentasi 11,978 hari akan mendapatkan kadar glukosa 21,231% dan kadar bioetanol sebesar 4,087%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adlin, I. A., Rusmana, E. W., Fathona, S., Kimia, P. T., Teknik, F., Pamulang, U., & Selatan, T. (2019). Pengaruh Konsentrat Asam Klorida, Komposisi Yeast Dan Waktu Fermentasi Dalam Pembuatan Bioetanol Dari Air Leri. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3(2), 79–86.
- Arifiyanti, N. A., Aqliyah, D. N., & Billah, M. (2020). Bioetanol Dari Biji Nangka Dengan Proses Likuifikasi dan Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*. *ChemPro*, 1(01), 51–55.
- Bachtiar, S., Wahyuningtiyas, R., Sari, N. K., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Anyar, G. (2021). Bioetanol Dari Limbah Cair Tepung Terigu Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Turbo Yeast. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1), 29–34.
- Dhanavia (2019) Anaerobic Digester Pt Energi Agro Nusantara (Energi Agro Nusantara), Energi Agro Nusantara (Pt Energi Agro Nusantara). Available At: <https://Energi-Agro-Nusantara.Co.Id/Bio-Digester-Dan-Biogas/> (Accessed: 5 February 2023).
- Herdini, Rophanae, G., & Hadi, V. (2020). Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Petai ( *Parkia Teknosains*. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 7(2), 119–128.
- Hidayati, M. (2022). Fermentation Of Molasses To Bioethanol Reviewing From Variations Of Ph And Fermentation Time. *PPTK: Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 5(1), 33–40.
- Kania, Y. C., Revandana, F. A. A., & Sari, N. K. (2023). Pengaruh Volume Filtrat Glukosa Dan Turbo Yeast Pada Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Cair Tepung Terigu. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(2), 89–94.
- Khairiah, H., & Ridwan, M. (2021). Pengembangan Proses Pembuatan Bioetanol Generasi Ii Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 9(4), 233–240.
- Kolo, S. M. D., Obenu, N. M., & Rohy, N. T. (2022). Pengaruh Perlakuan Awal Ampas Biji Jewawut (*Setaria italica* L.) dengan Microwave Irradiation Untuk Produksi Bioetanol. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), 183.
- Kurniati, Y., Khasanah, I. E., & Firdaus, K. (2021). Kajian Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus*. L). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(2), 95–101.
- Meisela, E., Restuhadi, F., Studi Teknologi Hasil Pertanian, P., & Teknologi Pertanian, J. (2016). Hubungan Antara Kadar Etanol, Kadar Gula Reduksi Dan Jumlah Sel Dalam Produksi Bioetanol Dari Air Kelapa Kental Dengan Penambahan Tween80 Tm Relationship Between the Level of Ethanol, Sugar Concentration Reduction and Number of Cells in Bioethanol Product. *Jom FAPERTA*, 3(2).
- Putri, N. A., Nur Chasanah, Y. H., & Sari, N. K. (2023). Optimasi Kadar Bioetanol Dari Limbah Cair Tepung Terigu Menggunakan Response Surface Method (RSM). *Inovasi Teknik Kimia*, 8(3), 155–159.
- Raharja, R., Murdiyatmo, U., Sutrisno, A., & Wardani, A. K. (2019). Bioethanol production from sugarcane molasses by instant dry yeast. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1), 0–8.
- Sari, N. K., & Ernawati, D. (2018). Comparison production bioethanol from cellulose using batch distillation and flash distillation process. *International Journal of GEOMATE*, 15(50), 76–81.
- Sari, N. K., & Purbasari, I. Y. (2021). pH Optimization in Pretreatment Process from Liquid Waste of Tapioca Flour with Response Surface Method. *Proceedings - 2021 IEEE 7th Information Technology International Seminar, ITIS 2021*, 6(8), 3–7.
- Setyawan Jati, S., & Widayatno, T. (2022). Pengaruh Konsentrasi Kapang dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 102–109.
- Sriana, T. (2019). Pemurnian Bioethanol Dengan Metode Distilasi Azeotrop. *Konversi*, 8(1), 1–3.