

OPTIMASI KADAR BIOETANOL DARI LIMBAH CAIR TEPUNG TERIGU MENGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHOD* (RSM)

Nabilah Adita Putri*, Yuliana Hariyati Nur Chasanah, Ni Ketut Sari

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya 60294

*Email: nabilaadita10@gmail.com

Abstrak

Banyaknya limbah cair tepung terigu dapat mencemari lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah cair tepung terigu mengandung pati sebesar 9,282 % dan glukosa 3,786 %w/w. Dalam penelitian ini memanfaatkan limbah cair tepung terigu sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan proses hidrolisis asam dengan Asam Sulfat 5 %v/v, dan fermentasi menggunakan Turbo Yeast Alcotec 48. Kemudian dilakukan proses optimasi hasil fermentasi dengan Response Surface Methodology (RSM) menggunakan software Minitab 19. Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi dengan pH filtrat glukosa dan waktu fermentasi paling optimum. Hasil optimasi dengan RSM menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi sebanyak 30,3 %v/v dengan pH filtrat glukosa 6,267 dan waktu fermentasi selama 7 hari.

Kata kunci: fermentasi, limbah cair tepung terigu, pH, respon surface method, waktu fermentasi

1. PENDAHULUAN

Konsumsi tepung terigu pada tahun 2016 mencapai 5,9 juta ton terigu menghasilkan limbah cair produksi tepung terigu yang banyak. Namun, limbah cair tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan kurang dimanfaatkan. Limbah cair tepung terigu memiliki potensi menjadi produk bioetanol karena kandungan pati atau glukosa yang terdapat di dalamnya (Bachtiar, 2021). Kandungan glukosa yang ada dalam limbah cair tepung terigu sebanyak 3 %w/w. Proses produksi bioetanol yang umum digunakan meliputi hidrolisis dan fermentasi. Sebelum difermentasi, pati direduksi menjadi gula sederhana dengan cara hidrolisis. Monomer-monomer gula yang tereduksi kemudian difermentasi dengan menambahkan yeast (*Saccharomyces Cerevisiae*) sehingga terbentuk bioetanol (Walker, 2021).

Pembuatan bioetanol dari biji nangka yang dihidrolisis dengan menambahkan enzim α -amilase dan glucoamilase sebanyak 60 ml menghasilkan kadar glukosa sebesar 14 %, kemudian difermentasi menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* selama 60 jam menghasilkan kadar etanol sebesar 40 % (Arifiyanti, 2020). Bahan baku limbah cair tepung terigu dihidrolisis menggunakan katalis asam menghasilkan kadar glukosa 11 %, dan dilakukan fermentasi menggunakan Alcotec 48 Turbo Yeast 10 % selama 5 hari diperoleh kadar etanol sebesar 37 % (Bachtiar, 2021).

Optimisasi hasil dilakukan dengan simulasi menggunakan Response Surface Method (RSM) untuk memperoleh model matematika Polynomial orde dua. Model yang telah terbentuk kemudian diverifikasi dengan Analysis of Variance (ANOVA) untuk menilai kesesuaian model terhadap percobaan yang dilakukan (Myers, 2016). Beberapa penelitian mengenai optimisasi pada pembuatan bioetanol menggunakan RSM telah banyak dilakukan. Optimasi prediksi total gula pada proses alkaline pretreatment dengan Box-Behnken Design (BBD) menghasilkan R^2 model sebesar 98,84 % (Ramaraj, 2019). Optimasi pembuatan bioetanol pada proses pretreatment dari Jus Pelelep Kelapa Sawit dengan Central Composite Design (CCD) menghasilkan nilai R^2 model sebesar 97 % (Zani, 2019).

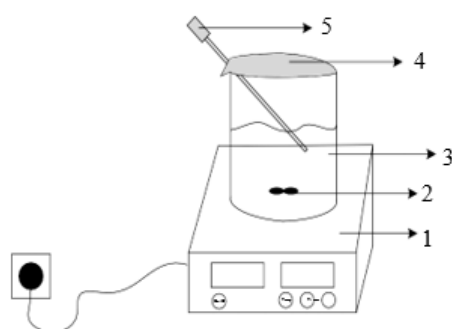
Berdasarkan peneliti terdahulu, penelitian ini akan dilakukan proses hidrolisis limbah cair tepung terigu menggunakan katalis berupa asam sulfat. Hidrolisat yang mengandung glukosa kemudian divariasikan dengan pH 4-8 dan ditambahkan Turbo Yeast, lalu difermentasi dengan waktu fermentasi selama 3-7 hari. Penggunaan Turbo Yeast dikarenakan kandungan nutrisi di dalamnya, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi. Optimasi hasil bioetanol dengan variabel terkait dilakukan dengan software Minitab 19 menggunakan Response Surface Method 2-faktor CCD dengan pemodelan

polynomial orde dua kemudian dianalisis model menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA).

2. METODOLOGI

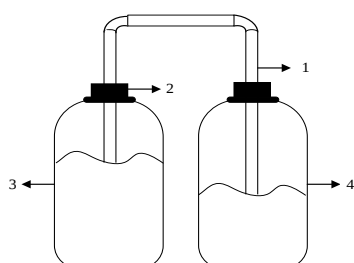
2.1. Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair tepung terigu, asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH), *saccharomyces cerevisiae* (*Turbo Yeast Alcotec 48*), NPK dan urea. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangkaian alat hidrolisis dan rangkaian alat fermentasi.



Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa (1) Hot Plate, (2) Magnetic stirrer, (3) Beaker glass, (4) Aluminium foil dan (5) Thermometer.



Gambar 2. Rangkaian Alat Fermentasi

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa (1) Selang Penghubung, (2) Penutup Botol, (3) Botol Sampel dan (4) Botol Aquadest.

2.2. Prosedur pembuatan bioetanol

Limbah cair tepung terigu sebanyak 15 liter difiltrasi beberapa kali dan hasil filtrasi yang telah bebas dari impuritis dilakukan proses hidrolisis dengan menambahkan H_2SO_4 sebesar 5 %v/v pada tangki hidrolisis yang diaduk dengan kecepatan 500 rpm pada suhu $\pm 25^\circ C$ selama 30 menit. Hasil hidrolisis kemudian disaring untuk diambil filtratnya yang akan digunakan pada proses fermentasi. Glukosa yang diperoleh dianalisa menggunakan refraktometer glukosa.

Filtrat hidrolisis sebanyak 500 ml dimasukkan ke dalam masing-masing botol ditambahkan NaOH untuk membuat variabel peubah pH dengan nilai 4; 5; 6; 7; 8 yang kemudian disterilkan dalam inkubator selama 30 menit. Filtrat yang telah disterilisasi ditambahkan *Turbo Yeast* sebanyak 7,5 gr/1000 ml, NPK dan Urea masing-masing 1 gr/1000 ml pada masing-masing botol dengan kondisi lampu UV inkubator mati. Siapkan *aquadest* secukupnya dalam botol terpisah dan tutup rapat kedua botol lalu sambungkan selang penghubung pada botol 1 dan botol *aquadest* sebagai indikator adanya CO_2 . Setelah rangkaian alat terpasang dilakukan proses fermentasi dengan waktu sesuai variabel yaitu selama 3-7 hari. Bioetanol yang diperoleh dianalisa menggunakan refraktometer alkohol dan dilakukan optimasi hasil dengan *Response Surface Method* (RSM).

2.3. Optimasi Hasil

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 polynomial orde dua untuk memvisualisasikan pengaruh variabel terhadap respon, yang dianalisa dengan model statistik *Analysis of variance* (ANOVA).

Persamaan polynomial orde dua sebagai fungsi dalam penggunaan metode RSM dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_j x_j + \sum \beta_{jj} x_j^2 + \sum \beta_{jk} x_j x_k + \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Y = Respon prediksi

x_j dan x_k = Variabel peubah

β_0 = Nilai intercept

β_j = Koefisien regresi linier

β_{jj} = Koefisien regresi kuadratik

β_{jk} = koefisien regresi interaksi antar variabel peubah

ε = nilai error

Validasi terhadap hasil respon dapat ditunjukkan dengan analisis model yang didapatkan menggunakan 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.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

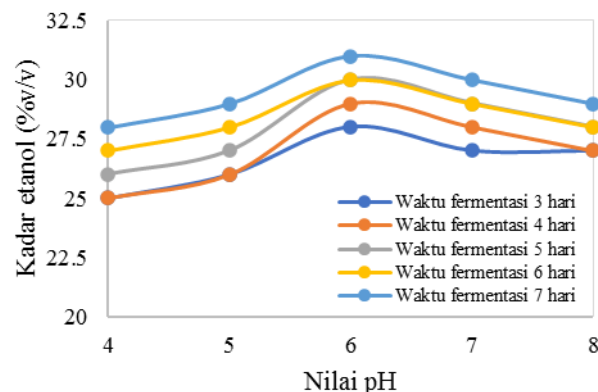
Kadar bioetanol hasil fermentasi yang telah dianalisa menggunakan referaktometer alkohol disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar Bioetanol hasil fermentasi

Waktu Fermentasi (hari)	pH	Kadar etanol (% v/v)
3	4	25
	5	26
	6	28
	7	27
	8	27
4	4	25
	5	26
	6	29
	7	28
5	8	27
	4	26
	5	27
	6	30
6	7	29
	8	28
	4	28
	5	29
7	6	31
	7	30
	8	29

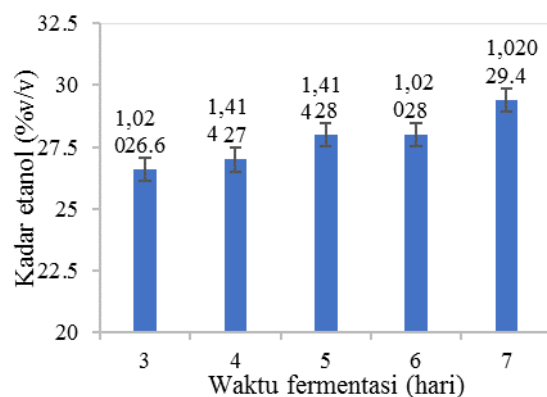
Tabel 1. merupakan data kadar bioetanol hasil eksperimen, sehingga dapat diketahui kadar bioetanol tertinggi sebesar 31 %v/v dan kadar bioetanol terendah sebesar 25 %v/v.

3.1 Pengaruh Nilai pH dan waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol



Gambar 3. Grafik hubungan nilai pH dan waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol hasil fermentasi

Nilai pH yang paling optimum dan menghasilkan kadar bioetanol tertinggi selama proses fermentasi berlangsung yaitu pada pH 6. Nilai pH dapat mempengaruhi hasil kadar bioetanol, dikarenakan pada proses fermentasi pH digunakan sebagai pembentuk lingkungan untuk pertumbuhan *yeast* dalam mengubah glukosa menjadi bioetanol (Kurniati, 2021). Semakin tinggi nilai pH akan semakin menurun kadar bioetanol yang diperoleh. Hal tersebut dikarenakan pH yang terlalu rendah (asam) ataupun yang terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan kematian mikroba serta pH mempengaruhi kecepatan proses fermentasi (Cika, 2022).

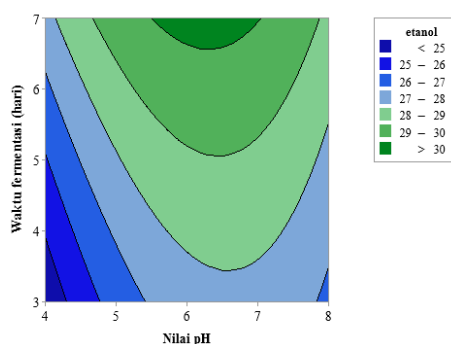


Gambar 4. Grafik error bar pengaruh waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol hasil fermentasi

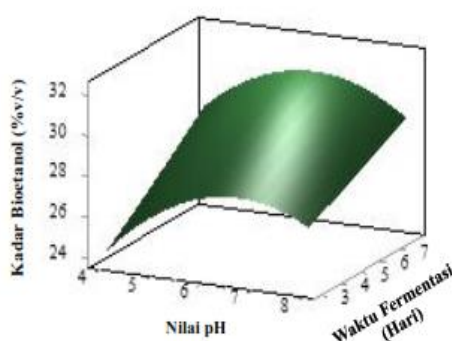
Error bar terbesar senilai 1,414 terdapat pada waktu fermentasi selama 4 dan 5 hari dan error

bar terkecil sebesar 1,020 terdapat pada waktu fermentasi selama 3, 6, dan 7 hari. Grafik error bar digunakan sebagai petunjuk besarnya variasi data yang ditampilkan, sehingga semakin kecil error bar maka semakin kecil variasi data akibat error. Kadar bioetanol tertinggi pada waktu fermentasi selama 7 hari dengan rata-rata sebesar 29,4 %v/v, hal ini dikarenakan semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan (Bachtiar, 2021). Kadar bioetanol mengalami penurunan seiring dengan menurunnya pertumbuhan mikroba yakni pada fase stasioner. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi nutrient yang mulai berkurang (Bahri, 2018).

Permukaan respon dan *contour plot* merupakan visualisasi secara dua dan tiga dimensi untuk menunjukkan titik stasioner atau nilai optimal respon kadar bioetanol terhadap variabel nilai pH dan waktu fermentasi yang disusun berdasarkan model persamaan (Zani, 2019).



Gambar 5. Grafik 2-dimensi (*contour plot*) nilai pH dan waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol



Gambar 6. Grafik 3-dimensi (permukaan respon) nilai pH dan waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol

Pada gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan interaksi antara nilai pH dan waktu fermentasi terhadap perolehan kadar bioetanol. Kadar

bioetanol meningkat pada perubahan nilai pH 4-6 seiring dengan meningkatnya waktu fermentasi, dan kadar bioetanol menurun pada nilai pH diatas 6.

3.2 Optimasi Hasil dengan RSM

Optimasi proses fermentasi dilakukan menggunakan RSM dengan pemilihan desain *Central Composite* (CCD) untuk memperoleh kadar bioetanol yang paling optimal terhadap penelitian yang telah dilakukan. Persamaan yang diperoleh pada hasil optimasi adalah sebagai berikut :

Keterangan:

Y = Kadar bioetanol (%v/v)

$$Y = 2,03 + 7,005x_1 - 1,111x_2 - 0,5092x_1^2 + 0,0106x_2^2 - 0,0894x_1x_2 \dots \dots \dots (2)$$

x_1 = Nilai pH

x_2 = Waktu fermentasi (hari)

Tabel 2. Output hasil optimisasi dengan software Minitab 19

Variable	Setting
pH	6.26263
waktu	7

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
etanol	30.303	0.267	(28.747,30.859)	(28.895,31.712)

Berdasarkan Tabel 2. diperoleh hasil optimasi menggunakan *Response Surface Method* (RSM) memiliki hasil yang optimum dengan nilai pH filtrat glukosa sebesar 6,2 dan waktu fermentasi selama 7 hari adalah 30,3 %v/v dengan error standar 0,267. Pada respon 95% *Confidence Interval* diperoleh nilai 28,747 pada interval bawah dan 30,859 pada interval atas serta dan respon 95% *Prediction Interval* yakni 28,895 pada interval bawah dan 31,712 pada interval atas.

3.3 Analisis Model dengan ANOVA

Tabel 3. Hasil Analysis of variance

Term	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	54.153	10.8306	28.16	0
Linear	2	37.1543	18.5772	48.3	0
pH	1	10.3367	10.3367	26.87	0
Waktu	1	25.0271	25.0271	65.06	0
Square	2	18.6964	9.3482	24.3	0
pH*pH	1	18.5908	18.5908	48.33	0
waktu*waktu	1	0.011	0.011	0.03	0.867
pH*waktu	1	0.9383	0.9383	2.44	0.134
Error	20	7.6931	0.3847		
Total	25	61.8462			

P-value dinilai memberi efek yang signifikan terhadap kadar bioetanol yang diperoleh bila *P-value* < 0,05. Varian yang memberikan efek yang signifikan adalah persamaan model, persamaan linier waktu dan pH, serta persamaan kuadratik pH sedangkan varian yang tidak signifikan adalah persamaan kuadratik waktu dan persamaan interaksi pH dan waktu terhadap perolehan kadar bioetanol. Efek signifikansi model menunjukkan validitas pada model persamaan. Koefisien determinasi atau R^2 pada model harus paling sedikit 80% untuk mendapatkan model yang sesuai (Ramaraj, 2019).

4. KESIMPULAN

Nilai kadar bioetanol yang diperoleh setelah proses fermentasi sebesar 31 % dengan pH filtrat glukosa optimum yaitu pH 6 dan waktu fermentasi terbaik pada waktu 7 hari. Setelah dilakukan optimasi menggunakan *Response Surface Method* (RSM) kadar optimum bioethanol sebesar 30,3 %v/v dengan nilai pH filtrat glukosa 6,267 dan waktu fermentasi selama 7 hari. Nilai R^2 model persamaan sebesar 87,56% dan varian yang signifikan terhadap respon kadar bioetanol adalah persamaan model, persamaan linier waktu dan pH, serta persamaan kuadratik pH sedangkan, varian yang tidak signifikan adalah persamaan kuadratik waktu dan interaksi pH dan waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiyanti, N Kartini, D & Billah, M, 2020, 'Bioetanol Dari Biji Nangka Dengan Proses Likuifikasi Dan Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*', *Journal of Chemical and Process Engineering*, Vol. 1, No. 1, hh. 53.
- Azhar, S Abdulla, R & Jambo, S, 2017, 'Yeasts in Sustainable Bioethanol Production', *Elsevier*, hh. 55.
- Bachtiar, S Wahyuningtyas, R & Sari, Ni K, 2021, 'Bioetanol Dari Limbah Cair Tepung Terigu Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Turbo Yeast', *Jurnal Teknik Kimia*, Vol., No. 1, hh. 36-37.
- Bahri, S, Aji, A & Yani, F, 2018, 'Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti', *Jurnal Teknologi Kimia*, Vol. 7, No. 1, hh. 89-90.
- Cika, A, F, P, dkk, 2022, 'Pengaruh pH Fermentasi dan Putaran Pengadukan pada Fermentasi Molasses terhadap Produksi Bioetanol', *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, Vol. 2, No. 1, hh. 42.
- Herawati, N, Roni, K, A & Fransiska, S, 2021, 'Pembuatan Bioetanol dari Rumpuk Gajah dengan Proses Hidrolisis Asam', *Jurnal Redoks*, Vol. 6, No. 1, hh. 38.
- Kurniati, Y, Elfy I, K, A & Firdaus, K, 2021, 'Kajian Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus. L*)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 10, No. 2, hh. 98.
- Michael, R, S, 2018, *Bioethanol and Natural Resources*, CRC Press, New York
- Myers, H, R, Montgomery C, Douglas & Anderson-Cook, M, Christine, 2016, *Response Surface Methodology 'Process and Product Optimization Using Designed Experiments' 4th ed*, Wiley, New Jersey
- Ramaraj, R, Unpaprom, Y, 2019, 'Optimization of Pretreatment Condition for Ethanol Production from *Cyperus Difformis* by Response Surface Methodology', *Science and Technology*, Vol. 9, No. 218, hh. 5
- Sari, N, K & Yuniar, I, P 2021, 'pH Optimization in Pretreatment Process from Liquid Waste of Tapioca Flour with Response Surface Method', *IEEE*
- Sari, NK, dkk, 2022, 'Reuse of wheat flour liquid waste for enzymatic hydrolysis to yield glucose-derived bioethanol', *Cogent Engineering*, hh. 7.
- Sudiyani, Y Aiman, S & Mansur, D, 2019, *Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif*, LIPI Press, Jakarta
- Wahyuningsih, N, Zulaika, E, 2018, 'Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik Pada Media Nutrient Broth dan Carboxy Methyl Cellulose', *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 7, No. 2, hh. 36.
- Walker, M, Graeme 2010, *Bioethanol 'Science and Technology of Fuel Alcohol'*, Book Boon, London
- Zani, dkk, 2019, 'Optimization of Process Parameters for Bioethanol Production from Oil Palm Frond Juice by *Saccharomyces cerevisiae* Using Response Surface Methodology as A Tool', *IOP*, hh. 10.