

Optimasi Kadar Glukosa Dari Proses Hidrolisis Ampas Batang Sorgum Dengan Berbagai Jenis dan Konsentrasi Asam Menggunakan *Response Surface Methodology*

Natasya An Nisa Nurcholishoh^{*}, Farhan Rusydi, Ni Ketut Sari

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

^{*}Koresponden email: 21031010135@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 1 Agustus 2025

Disetujui: 11 Agustus 2025

Abstract

Waste is a byproduct generated from various processes, such as industrial, household, agricultural, and other activities. Sorghum stalk waste is an agricultural residue that contains high cellulose content, making it a valuable resource for further utilization. This study aims to determine the optimal type and concentration of acid to produce the highest glucose yield from the hydrolysis of sorghum stalk waste. The types of acids used in this research include H_3PO_4 ; H_2SO_4 ; HNO_3 ; CH_2O_2 ; CH_3COOH , with acid concentrations of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. The study was conducted using the acid hydrolysis method, and optimization was performed using Design Expert 13 software. The quantitative data were analyzed using Response Surface Methodology (RSM) to predict the most optimal results. The findings indicate that stronger acid types and higher acid concentrations yield higher glucose levels. The conclusion of this study reveals that using H_2SO_4 at a 40% concentration produces the highest glucose yield of 39,5%.

Keywords: *cellulose, sorghum stalk waste, types and acids concentrations, acids hydrolysis, optimization, glucose*

Abstrak

Limbah merupakan hasil sisa yang dihasilkan dari suatu proses, seperti proses industri; rumah tangga; pertanian dan sebagainya. Ampas batang sorgum merupakan limbah hasil sisa dari proses pertanian yang memiliki kadar selulosa tinggi dan dapat dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan konsentrasi asam yang optimal untuk menghasilkan persen glukosa tertinggi pada hidrolisis ampas batang sorgum. Jenis asam yang digunakan ialah H_2SO_4 ; H_3PO_4 ; HNO_3 ; CH_2O_2 ; CH_3COOH dan konsentrasi asam yang digunakan ialah 10% ; 20%; 30%; 40%; 50%. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode hidrolisis asam dan optimasi menggunakan aplikasi *design expert 13*. Data ini berbentuk kuantitatif yang diolah menggunakan *response surface methodology* untuk mendapatkan prediksi hasil yang paling optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kuat jenis asam dan semakin tinggi konsentrasi asam, maka akan menghasilkan kadar glukosa yang tinggi. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu dengan menggunakan jenis asam H_2SO_4 dan konsentrasi asam 40% akan menghasilkan kadar glukosa sebesar 39,5%.

Kata Kunci: *selulosa, ampas batang sorgum, jenis dan konsentrasi asam, hidrolisis asam, optimasi, glukosa*

1. Pendahuluan

Sorghum (*Sorghum Bicolor (L.) Moench*) adalah tanaman sereal yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Tumbuhan ini memiliki daya adaptasi tinggi, tahan hama dan penyakit, dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung, pakan ternak, dan bioethanol [1]. Saat ini, bioethanol diproduksi dari bahan pangan yang ketersediaannya tidak mencukupi. Sehingga, mulai dilakukan pembuatan bioethanol dari biomassa berlignoselulosa seperti sorgum yang lebih ekonomis dan tidak membahayakan ketersediaan bahan pangan. Ampas batang sorgum memiliki 75% biomassa dari tanaman sorgum. Ampas batang sorgum diperoleh dari pemerasan batang sorgum yang kemudian menghasilkan nira dan ampas batang sorgum [2]. Ampas batang sorgum memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi, dengan komposisi berdasarkan berat keringnya terdiri dari 58,23% selulosa, 25,42% hemiselulosa, dan 14,95% lignin. Selulosa yang terkandung dalam ampas batang sorgum tersebut dapat dikonversi menjadi glukosa melalui proses hidrolisis [3].

Selulosa tersusun atas monosakarida – monosakarida sejenis berupa molekul anhidro D-Glukosa yang saling berikatan dengan β -1,4 glukosida yang dihubungkan dengan ikatan hidrogen membentuk rantai panjang [4], Selulosa adalah salah satu senyawa yang paling melimpah di bumi dan dapat diubah menjadi

glukosa melalui proses hidrolisis asam [5]. Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) merupakan aldehid (mengandung gugus –CHO) dengan 6 atom karbon [6]. Glukosa disebut sebagai gula pereduksi karena mengalami oksidasi saat direaksikan dengan pereaksi Tollens [7]. Gula pereduksi dapat didefinisikan sebagai golongan gula yang memiliki kemampuan mereduksi senyawa penerima elektron [8]. Gula pereduksi dapat dihasilkan dari hidrolisis bahan lignoselulosa karena struktur lignoselulosa dapat diubah menjadi gula pereduksi dan berpotensi untuk diolah diproses lebih lanjut. Contoh gula pereduksi adalah semua monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa), disakarida (laktosa, maltosa) kecuali sukrosa dan pati (polisakarida) [9].

Hidrolisis merupakan reaksi antara reaktan dan air yang menyebabkan pemisahan molekul air. Hidrolisis akan menghasilkan molekul yang lebih kecil sebagai akibat dari reaksi reaktan dengan air. Reaksi yang terjadi antara selulosa (reaktan) dengan air pada kondisi normal akan berjalan dengan lambat. Sehingga dibutuhkan penambahan asam maupun enzim yang dapat meningkatkan kereaktifan air [10]. Adanya lignin yang melindungi selulosa dapat menjadi penghambat zat penghidrolisis. Sehingga, dibutuhkan upaya delignifikasi yang dapat memecah struktur lignoselulosa, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan lignoselulosa. Sehingga proses hidrolisis dapat lebih maksimal dan glukosa yang dihasilkan lebih tinggi [11]. Hidrolisis selulosa menggunakan asam dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis dan konsentrasi dari jenis asam. Semakin tinggi konsentrasi asam, maka semakin banyak glukosa yang dihasilkan. Selain itu, setiap jenis asam memiliki kemampuan dalam melepaskan ion H^+ yang berbeda yang menyebabkan perbedaan kadar glukosa yang dihasilkan [12]. Faktor – faktor ini dapat dioptimalkan menggunakan *Response Surface Methodology* untuk memperoleh kombinasi terbaik. Sehingga akan dihasilkan respon optimal.

Optimasi adalah suatu proses atau pendekatan yang bertujuan untuk menemukan desain kombinasi terbaik dalam suatu produk. Selain itu, optimasi juga dapat diartikan sebagai metode untuk memilih elemen atau material terbaik dari beberapa opsi yang tersedia. Proses optimasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Response Surface Methodology* (RSM), yaitu model statistik yang digunakan untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses berdasarkan faktor faktor yang memengaruhinya. Melalui RSM, studi dapat dilakukan untuk menentukan kondisi proses yang optimal [13].

Beberapa penelitian terkait hidrolisis ampas batang sorgum dilakukan. Hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan enzim selulase dari kapang *Trichoderma harzianum* selama 24 jam menghasilkan gula sebesar 2,4% [2]. Menurut [14] yang melakukan hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan HCl, konsentrasi asam dan kecepatan pengadukan mempengaruhi glukosa yang dihasilkan. Selain itu, telah dilakukan hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan jenis asam dan konsentrasi jenis asam yang berbeda – beda. Hidrolisis tersebut dilakukan tanpa delignifikasi dengan hasil kadar glukosa terbaik adalah 13% brix menggunakan asam laktat konsentrasi 3N [15]. Berdasarkan penelitian terdahulu, belum dilakukan optimasi jenis dan konsentrasi asam pada hidrolisis ampas batang sorgum. Peneliti ingin mengetahui jenis dan konsentrasi asam yang optimal untuk menghasilkan persen glukosa tertinggi pada hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan analisis *Response Surface Methodology* (RSM). Jenis asam yang digunakan adalah H_2SO_4 , H_3PO_4 , HNO_3 , CH_2O_2 , dan CH_3COOH dengan variasi konsentrasi jenis asam 10%; 20%; 30%; 40%; dan 50% (v/v). Selain itu, pada penelitian ini, ampas batang sorgum akan didelignifikasi terlebih dahulu sebelum dihidrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar glukosa hasil hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan berbagai jenis dan konsentrasi asam, dan untuk mengetahui jenis dan konsentrasi asam optimal menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM).

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, digunakan bahan utama berupa ampas batang sorgum. Sedangkan bahan lainnya adalah aquadest, Natrium Hidroksida (NaOH), dan berbagai jenis asam yang akan digunakan pada proses hidrolisis. Jenis asam tersebut adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam fosfat (H_3PO_4), asam asetat (CH_3COOH), asam formiat (CH_2O_2), dan asam nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi dari jenis asamnya 10%; 20%; 30%; 40%; dan 50% (v/v).

Pada penelitian ini, akan dilakukan hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan berbagai jenis asam dengan konsentrasi jenis asam yang berbeda. Hasil hidrolisis akan diuji kadar glukosanya menggunakan refraktometer (% brix). Hasil hidrolisis pada jenis dan konsentrasi asam terbaik akan dianalisa kadar glukosanya menggunakan uji *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Data penelitian selanjutnya akan dioptimasi menggunakan *Response Surface Methodology*. Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

- 1) **Persiapan Bahan Baku**
 Persiapan bahan baku dimulai dengan penjemuran ampas batang sorgum selama 2 hari. Selanjutnya ampas batang sorgum dipotong dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 3 jam. Ampas batang sorgum kering selanjutnya digiling hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Serbuk ampas batang sorgum 100 *mesh* selanjutnya diuji kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa sebelum di delignifikasi
- 2) **Delignifikasi**
 Delignifikasi dilakukan dengan memasukkan 80 gram serbuk ampas batang sorgum yang telah disiapkan ke dalam beaker glass. Setelah itu dilakukan penambahan larutan NaOH 6% (b/v) 1000 ml. Kemudian dilakukan delignifikasi selama 1 jam pada suhu 100°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Hasil hidrolisis disaring. Ampas batang sorgum yang telah didelignifikasi dicuci hingga pH netral dan disaring kembali untuk diambil ampasnya. Selanjutnya ampas batang sorgum dikeringkan selama 2 jam pada suhu 105°C. Kemudian, dilakukan uji kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa setelah didelignifikasi.
- 3) **Hidrolisis**
 Pada proses hidrolisis, ampas batang sorgum dicampurkan dengan larutan asam yang divariasikan jenis dan konsentrasi jenis asamnya pada suhu 100°C, waktu 2,5 jam dan kecepatan pengadukan 300 rpm. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan *beaker glass* yang ditutup dengan gabus dan aluminium foil. Pengadukan dan pemanasan dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan thermometer sebagai indikator suhu hidrolisis. Selanjutnya akan dilakukan filtrasi untuk memisahkan residu dan filtrat larutan glukosa, lalu dilakukan analisa kadar glukosa pada filtrat hidrolisis menggunakan alat bantu refractometer. Hasil hidrolisis pada jenis dan konsentrasi asam terbaik akan dianalisa kadar glukosanya menggunakan uji *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Data penelitian yang didapat akan diolah menggunakan aplikasi *response surface methodology* untuk mencari persen kadar glukosa yang optimal.
- 4) **Optimasi Menggunakan *Response Surface Methodology***
 Pada proses optimasi, data yang didapat dari hasil hidrolisis akan diolah. Proses optimasi dimulai dari mendefinisikan variabel independen dan batas-batasnya, lalu memilih program *Central Composite Design* (CCD) dan memasukkan data yang telah didapat. Selanjutnya melakukan analisis simulasi, analisis regresi, dan mengidentifikasi hasil ANOVA (*Analysis of Variance*). Apabila hasil prediksi sesuai dengan syarat, maka dapat mendefinisikan hasil yang optimal dari penelitian ini. Sedangkan apabila belum sesuai dengan syarat, maka akan mengulang kembali untuk memeriksa kembali data penelitian.

Berikut merupakan persamaan dari optimasi menggunakan RSM:

$$y = \beta_1 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \varepsilon \tag{1}$$

Keterangan :

- x1, x2 = Variabel bebas
- y = Response
- ε = Error

[16]

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisis Kadar Lignin, Hemiselulosa, dan Selulosa

Analisis kadar lignin, hemiselulosa, dan selulosa dilakukan sebelum dan setelah delignifikasi. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Hasil analisis kadar lignin, hemiselulosa, dan selulosa ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Lignin, Hemiselulosa, dan Selulosa Ampas Batang Sorgum Sebelum dan Setelah Delignifikasi

Parameter	Sebelum Delignifikasi (%)	Setelah Delignifikasi (%)
Lignin	16,68	14,52
Hemiselulosa	11,39	9,40
Selulosa	34,26	38,99

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 1**, dapat diketahui bahwa kadar lignin dan hemiselulosa mengalami penurunan setelah delignifikasi. Sedangkan kadar selulosa mengalami peningkatan. Struktur selulosa yang terikat dengan hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin menjadikannya sulit untuk

dihidrolisis. Oleh karena itu, diperlukan upaya delignifikasi untuk merusak struktur lignin yang melindungi selulosa agar diperoleh hasil hidrolisis yang lebih optimal. Pada penelitian ini dilakukan delignifikasi menggunakan NaOH. Penggunaan NaOH sebagai pelarut delignifikasi dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstrak hemiselulosa yang ditandai warna hitam pada larutan hasil delignifikasi [17].

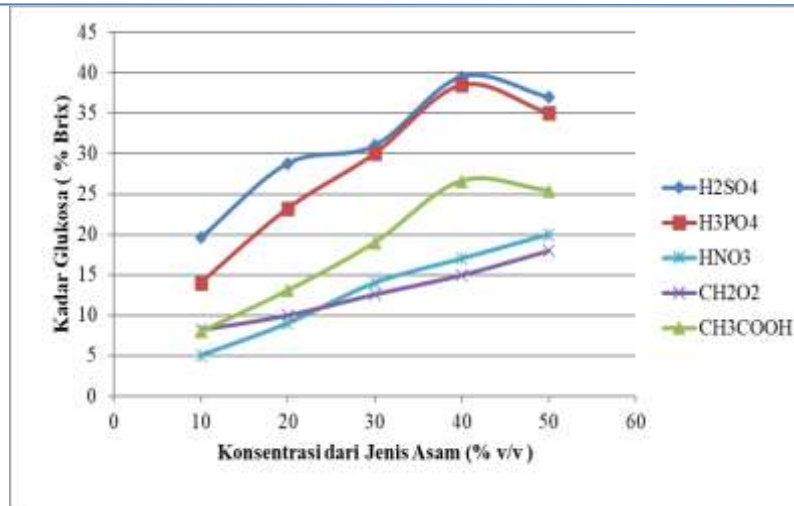
Hasil Analisis Kadar Glukosa

Berdasarkan **Tabel 2**, dapat diketahui hasil analisa persen kadar glukosa pada filtrat hidrolisis ampas batang sorgum menggunakan berbagai jenis dan konsentrasi dari jenis asam. Analisa dilakukan dengan refraktometer. Refraktometer dapat mengukur nilai padatan terlarut yang dinyatakan dalam satuan % brix. Padatan terlarut ini dapat berupa glukosa sebagai produk utama dan bahan lainnya. Nilai ini dapat menggambarkan jumlah kandungan gula yang terkandung dalam suatu larutan. Semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut dalam filtrat hidrolisis, maka semakin tinggi nilai % brix yang terbaca pada refraktometer [3]. Persen kadar glukosa terbaik adalah sebesar 39,5% yang dihasilkan dari hidrolisis menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 40% (v/v). Jenis dan konsentrasi dari jenis asam mempengaruhi persen kadar glukosa yang dihasilkan dan dapat diamati hubungannya melalui **Gambar 1**.

Tabel 2. Hasil Analisis Kadar Glukosa (%) Setelah Proses Hidrolisis Menggunakan Variasi Jenis dan Konsentrasi Jenis Asam (%)

Jenis Asam	Konsentrasi Jenis Asam (% v/v)	Kadar Glukosa (%) Brix
Asam Sulfat (H_2SO_4)	10	19,6
	20	28,8
	30	31,0
	40	39,5
	50	37,0
Asam Fosfat (H_3PO_4)	10	14,0
	20	23,2
	30	30,0
	40	38,5
	50	35,0
Asam Nitrat (HNO_3)	10	8,0
	20	13,1
	30	19,0
	40	26,6
	50	25,4
Asam Format (CH_2O_2)	10	8,2
	20	10,0
	30	12,6
	40	15,0
	50	18,0
Asam Asetat (CH_3COOH)	10	5,0
	20	9,0
	30	14,0
	40	17,0
	50	20,0

Berdasarkan **Gambar 1** dapat diketahui bahwa konsentrasi dari jenis asam berbanding lurus dengan persen kadar glukosa yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi dari jenis asamnya, maka semakin banyak selulosa yang dapat diuraikan oleh larutan asam. Larutan asam dapat mempercepat reaksi yang terjadi, sehingga akan dihasilkan persen kadar glukosa yang tinggi pula. Akan tetapi, jika konsentrasi asam terlalu tinggi, maka dapat terbentuk senyawa lain seperti Hidroksi metil furfural (HMF) dan furfural yang menghasilkan asam format akibat pemecahan glukosa lebih lanjut [18]. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan, maka semakin banyak ion H^+ yang akan berinteraksi dengan ikatan 1,4-glikosidik membentuk gugus radikal bebas. Sementara jumlah OH^- dari air tidak mengalami peningkatan.



Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi Dari Jenis Asam (% v/v) dengan Kadar Glukosa (% Brix) Pada Berbagai Jenis Asam

Berdasarkan grafik di atas, dapat diamati bahwa kadar glukosa yang dihasilkan pada setiap jenis asam tidak sama. Pada jenis asam sulfat, asam fosfat dan asam nitrat dihasilkan kadar glukosa tertinggi pada konsentrasi asam 40% (v/v). Sedangkan asam asetat dan asam format memiliki kadar glukosa tertinggi pada konsentrasi asam 50% (v/v). Semakin kuat asam yang digunakan, maka semakin banyak jumlah ion H⁺ yang dapat dilepaskan untuk bereaksi dengan H₂O membentuk H₃O⁺. Sehingga, kadar glukosa yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pengaruh jenis asam dalam hidrolisis dipengaruhi tingkat disosiasi asam tersebut. H₂SO₄ merupakan asam kuat yang dapat terdisosiasi sempurna melepas dua proton (H⁺) per molekul dan SO₄²⁻. Sehingga dapat menghasilkan H⁺ berkonsentrasi tinggi [12].

Optimasi Kondisi Proses Hidrolisis Asam Dengan RSM

Optimasi kadar glukosa dengan proses hidrolisis asam dilakukan dengan menggunakan 2 faktor, yaitu jenis asam dan konsentrasi jenis asam (% v/v). Berdasarkan hasil analisis dengan metode CCD menggunakan 25 data menghasilkan hasil hidrolisis optimal pada jenis asam sulfat (H₂SO₄) pada konsentrasi asam 47% (v/v) dengan respon kadar glukosa sebesar 40,7725%. Akan tetapi, terdapat selisih signifikan yang dapat menurunkan kinerja prediksi model yang diperlihatkan pada koefisien determinasi pada tabel berikut.

Tabel 3. Koefisien Determinasi Model Regresi Optimasi Menggunakan 25 Data

Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	3,67	0,8836	0,8731	0,8517	377,83	
2FI	3,61	0,8926	0,8772	0,8473	389,09	
Quadratic	3,18	0,9244	0,9045	0,8668	339,45	Suggested

Berdasarkan **Tabel 3** di atas, diperoleh nilai 0,9244 dengan model regresi yang direkomendasikan adalah persamaan kuadratik. Nilai R² dan standar deviasi digunakan untuk mengevaluasi nilai yang dikembangkan. Nilai R² yang semakin mendekati 1 akan diikuti dengan standar deviasi yang semakin kecil. Sehingga, model tersebut semakin baik untuk memprediksi respon dan dapat menggambarkan hubungan antara respon dan variabel interaksi [19]. Oleh karena itu, dilakukan optimasi 14 data respon kadar glukosa untuk mengurangi selisih antar data dan meningkatkan kemampuan model dalam memprediksi nilai respon. Berikut ini merupakan 14 data respon kadar glukosa yang digunakan dalam optimasi.

Tabel 4. Data Faktor dan Response Untuk Analisa Menggunakan RSM

Run	Faktor 1	Faktor 2	Response
	Konsentrasi Jenis Asam (%)	Jenis Asam	Kadar Glukosa (%)
1	10	1	19,6
2	20		28,8
3	40		39,5
4	10	2	14,0

Run	Faktor 1	Faktor 2	Response
	Konsentrasi Jenis Asam (%)	Jenis Asam	Kadar Glukosa (%)
5	30		30,0
6	50		35,0
7	10		8,0
8	30	3	19,0
9	40		26,6
10	50		25,4
11	20	4	10,0
12	20	5	9,0
13	30		14,0
14	40		17,0

Pada optimasi dilakukan pemisalan jenis asam dengan nomor 1 sampai 5. Dari Nomor 1 hingga 5, pemisalan jenis asam berturut – turut H₂SO₄, H₃PO₄, HNO₃, CH₂O₂, dan CH₃COOH. Hubungan antara variabel konsentrasi jenis asam dan jenis asam dengan respon glukosa digambarkan melalui *Analysis of Variance* (ANOVA). Keterangan model yang significant diperoleh apabila nilai *p-value* kurang dari 0,05 (5%). Diperoleh nilai *p-value* pada konsentrasi asam <0,0001 dan jenis asam <0,0001 menunjukkan bahwa variabel berpengaruh signifikan 0,01% terhadap respon. Hasil analisis respon dituliskan dalam grafik berikut.

Tabel 4. Hasil Optimasi RSM dari Data Menggunakan Metode ANOVA

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1264,40	5	252,88	100,58	<0,0001	significant
A-Konsentrasi Asam	468,88	1	468,88	186,48	<0,0001	
B-Jenis Asam	710,50	1	710,50	282,58	<0,0001	
AB	5,10	1	5,10	2,03	0,1921	
A ²	30,87	1	30,87	12,28	0,0080	
B ²	25,12	1	25,12	9,99	0,0134	
Residual	20,11	8	2,51			
Cor Total	1284,51	13				

Tabel 5. Perbandingan Model Persamaan yang Disarankan Software

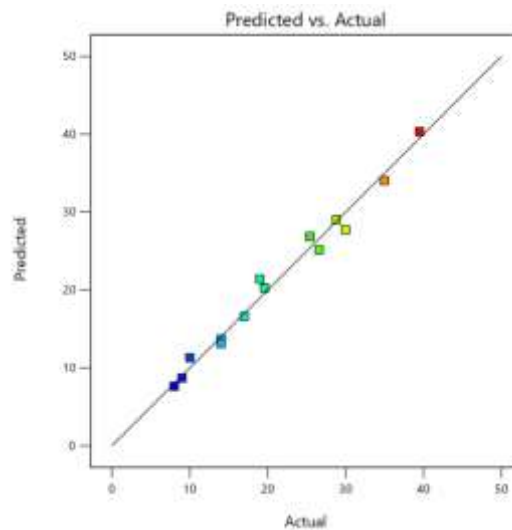
Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	3,12	0,9165	0,9013	0,8616	177,74	
2FI	3,21	0,9200	0,8960	0,8438	200,68	
Quadratic	1,59	0,9843	0,9746	0,9579	54,07	Suggested

Adapun pemilihan model persamaan yang disarankan adalah model *quadratic* karena memiliki nilai R² sebesar 0,9843. Pada model *quadratic* difokuskan pada nilai R² maksimal dan disesuaikan dengan R² yang diprediksi. Nilai R² yang tinggi berarti menunjukkan korelasi antara variabel tinggi. Nilai R² sebesar 0,9843 menunjukkan faktor konsentrasi jenis asam dan jenis asam memiliki pengaruh terhadap respon kadar glukosa sebesar 98,43% sedangkan sisanya 1,57% dipengaruhi oleh faktor lain diluar model. Berdasarkan tabel terdapat nilai PRESS (*predicted error sum of squares*), pada model kuadrat memiliki nilai paling kecil yakni sebesar 54,07 yang artinya semakin kecil nilai PRESS maka menunjukkan bahwa hasil prediksi yang diperoleh semakin baik.

Analisis Respon Kadar Glukosa

Gambar 2 merupakan Grafik *Predicted Vs Actual* yang menunjukkan hubungan antara nilai aktual dan nilai yang diprediksikan. Titik-titik pada grafik menunjukkan data aktual yang cenderung berdekatan dengan plot kenormalan (plot data yang diprediksikan). Apabila titik data yang mendekati garis normal merupakan data yang aktual, artinya data aktual tersebut akan sesuai dengan hasil yang diprediksi oleh

program [20]. Terdapat 14 titik yang berasal dari response aktual yang telah dimasukkan. Semakin dekat posisi titik-titik tersebut dengan garis kenormalan, semakin tinggi nilai R^2 yang mendekati angka 1.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Response Kadar Glukosa dalam Bentuk Predicted Vs Actual

Hasil optimasi parameter menggunakan metode CCD menghasilkan persamaan aktual yang digunakan untuk menentukan *response* kadar glukosa. Persamaan ini dimanfaatkan untuk memprediksi *response* berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Persamaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = 21,40 + 9,61 A + (-11,01) B + (-1,71) AB + (-4,14) A^2 + 3,30 B^2 \quad (2)$$

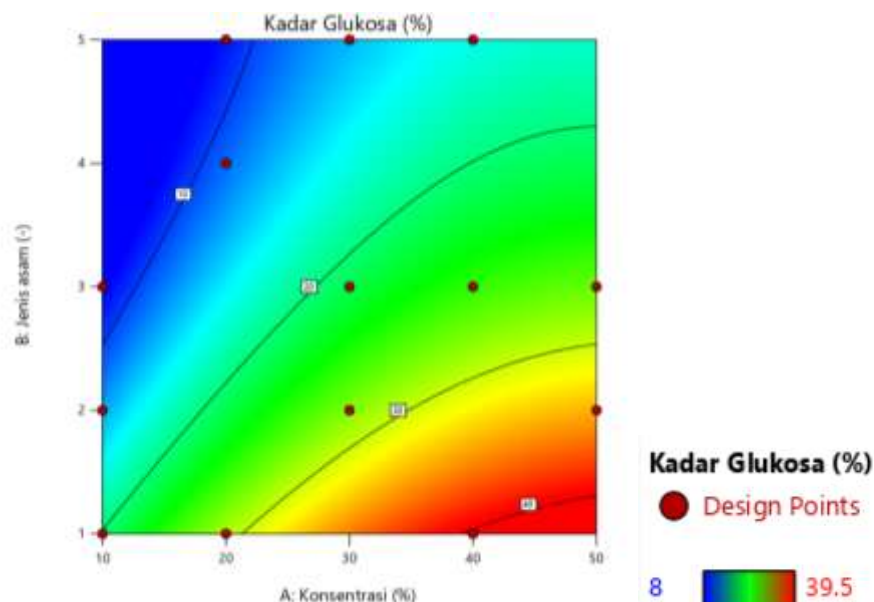
Keterangan:

Y = Response Kadar Glukosa

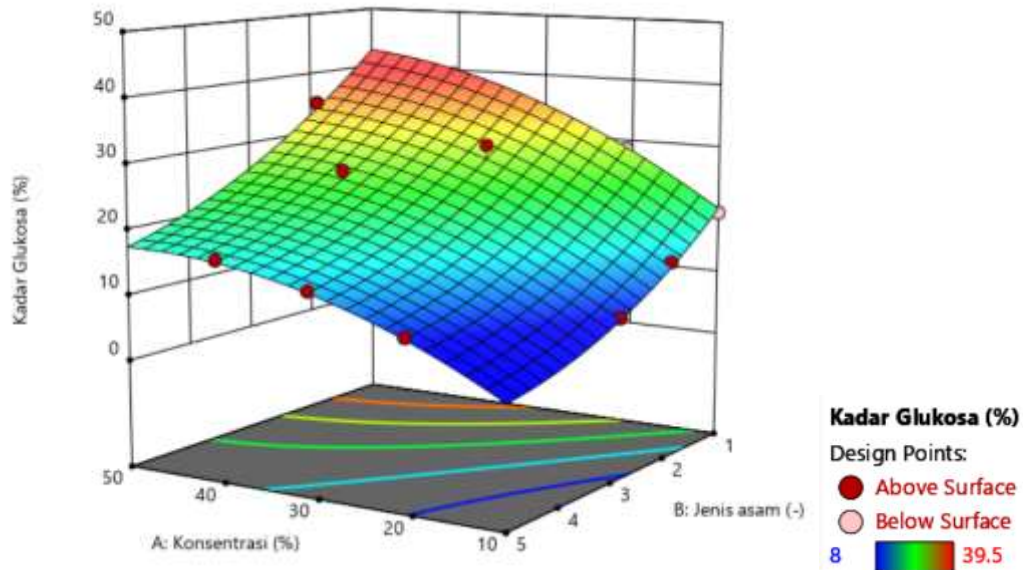
A = Konsentrasi Jenis Asam

B = Jenis Asam

Bentuk permukaan dari pengaruh konsentrasi jenis asam dan jenis asam dengan respon kadar glukosa digambarkan dalam bentuk plot *contour* dan plot 3D *surface graph* berikut ini:



Gambar 3. Grafik Contour Plot Pengaruh Konsentrasi Jenis Asam (%v/v) & Jenis Asam terhadap Kadar Glukosa (%)



Gambar 4. Grafik 3D Surface Pengaruh Konsentrasi Jenis Asam (%v/v) dan Jenis Asam terhadap Kadar Glukosa (%)

Contour plot adalah representasi dua dimensi dari respons yang menggambarkan nilai kadar glukosa berdasarkan model prediksi, sementara grafik permukaan 3D menyajikan proyeksi dari grafik contour plot. Posisi rendah dalam grafik tiga dimensi menunjukkan nilai kadar glukosa yang rendah, sebaliknya apabila berada pada posisi tinggi maka menunjukkan kadar glukosa yang tinggi [20]. Berdasarkan gambar di atas menunjukkan pengaruh dari kedua faktor pada proses hidrolisis asam sehingga dapat diketahui kondisi yang optimal pada proses hidrolisis asam. Nilai kadar glukosa tertinggi yaitu 39,5 % didapatkan pada faktor konsentrasi jenis asam sebesar 40 % dan jenis asam yang terbaik ialah asam sulfat (H_2SO_4). sedangkan kadar glukosa terendah didapatkan pada faktor konsentrasi jenis asam sebesar 10 % dan jenis asam yang terendah ialah asam nitrat (HNO_3).

Berdasarkan **Gambar 3** dan **4** terdapat 3 warna yang menunjukkan hasil response yang bervariasi. Warna merah menunjukkan tingkat kadar glukosa yang tinggi, hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi jenis asam dalam hidrolisis asam dan semakin kuat jenis asam maka semakin banyak ion H^+ yang diserap oleh H_2O lalu mempercepat proses hidrolisis asam. Warna hijau menunjukkan tingkat kadar glukosa sedang dan warna biru menunjukkan tingkat kadar glukosa yang rendah, hal ini disebabkan karena semakin sedikit konsentrasi jenis asam dalam hidrolisis asam dan semakin lemah jenis asam maka semakin sedikit ion H^+ yang diserap oleh H_2O .

Hasil Optimasi Response Kadar Glukosa Dengan RSM

Berdasarkan **Tabel 6**, dapat diketahui solusi yang paling optimal untuk respon kadar glukosa menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Titik optimal dengan hasil respon terbaik diperoleh pada kombinasi konsentrasi jenis asam 40 % dan jenis asam 1 (H_2SO_4). Berdasarkan kombinasi variabel tersebut maka diperoleh nilai kadar glukosa sebesar 40,334 %. *Desirability* adalah suatu karakteristik yang digunakan untuk menjelaskan seberapa baik solusi optimal yang diberikan agar sesuai dengan tujuan dari respon. Nilai *desirability* yang semakin mendekati 1,0 menunjukkan bahwa program memiliki kemampuan yang semakin baik dalam menghasilkan produk yang diinginkan [21].

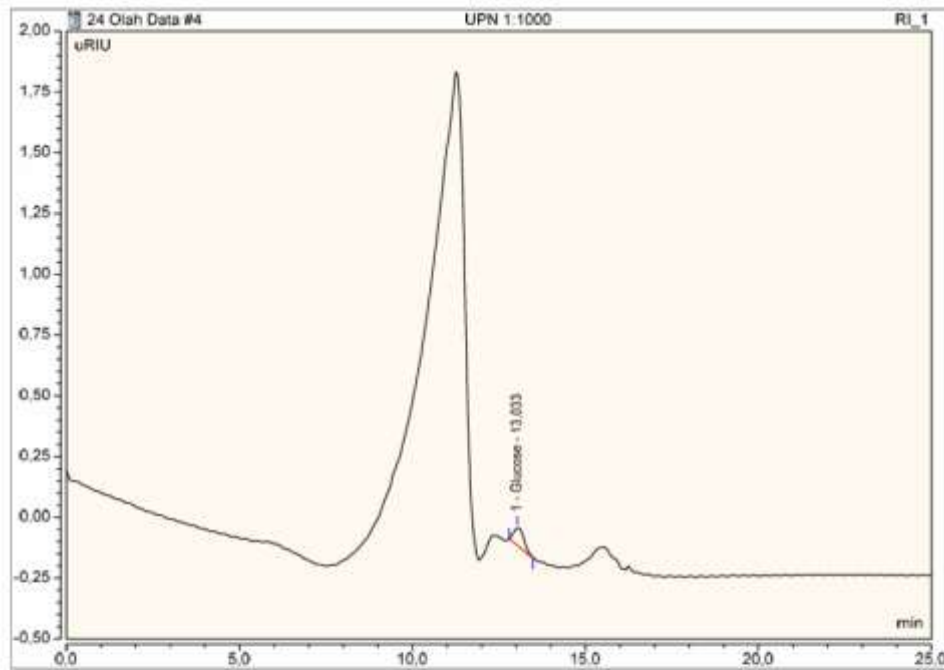
Tabel 6. Solusi Optimal Respon Kadar Glukosa menggunakan RSM

Number	Konsentrasi Jenis Asam (% v/v)	Jenis Asam	Kadar Glukosa (%Brix)	Desirability
1	40	1	40,334	1,000

Analisis Hasil Hidrolisis Menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Berdasarkan hasil optimasi 14 data menggunakan RSM, didapatkan kondisi optimal kadar glukosa pada hidrolisis menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 40% (v/v) dengan kadar glukosa sebesar 40,334%. Sehingga, hasil hidrolisis yang dianalisis menggunakan HPLC adalah hasil hidrolisis pada jenis

asam H₂SO₄ dengan konsentrasi 40% (v/v). Hasil analisis HPLC yang diperoleh digambarkan sebagai berikut



No.	Name	Time min Ri_1	Area uRIU*min Ri_1	Rel.Area % Ri_1	Height uRIU Ri_1	Rel.Height % Ri_1	Amount ppm Ri_1
1	Std 100 ppm	13.567	0.6506	100.00	1.22	100.00	135.0877
2	Std 500 ppm	13.517	2.0066	100.00	3.72	100.00	436.8421
3	Std 1000 ppm	13.517	4.6633	100.00	8.59	100.00	1026.0702
4	UPN 1:1000	13.033	0.0260	100.00	0.08	100.00	n.a.
	Sum:	53.633	7.346	400.000	13.603	400.000	1600.000
	Average:	13.408	1.837	100.000	3.401	100.000	533.333
	Rel.Std.Dev:	1.873 %	112.044 %	0.000 %	111.128 %	0.000 %	85.171 %

Gambar 5. Hasil analisis HPLC pada hidrolisis ampas batang Sorgum menggunakan Asam Sulfat (H₂SO₄) konsentrasi 40% (v/v)

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) merupakan alat analisis pemisahan komponen dalam sampel berdasarkan perbedaan polaritasnya. Banyaknya puncak pada kromatogram menunjukkan jumlah komponen yang terpisah, sedangkan luas area di bawah puncak mencerminkan konsentrasi masing-masing komponen dalam sampel [22]. Pada Analisa HPLC, digunakan larutan standar glukosa pada konsentrasi 100 ppm, 500 ppm, dan 1000 ppm. Ketiga sampel tersebut dimasukkan ke dalam kolom HPLC dan diamati waktu retensi dan luas area puncak yang terbentuk untuk diamati kadar glukosa yang terkandung dalam larutan standar tersebut. Data luas area dan kadar glukosa pada ketiga sampel tersebut akan dibandingkan dengan sampel hidrolisis menggunakan asam sulfat konsentrasi 40% (v/v). Pada sampel hidrolisat terdeteksi waktu retensi glukosa pada sampel pada 13,033 menit dengan luas area puncaknya 0,0260. Kadar glukosa pada sampel hidrolisis dihitung dengan perbandingan luas area puncak dan kadar glukosa (ppm) data sampel dengan salah satu data dari larutan standar glukosa yang tersedia. Dari perhitungan tersebut, dihasilkan kadar glukosa pada sampel hidrolisis adalah sebesar 0,000573%. Hasil analisa HPLC ini mengindikasikan bahwa dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kadar glukosa dalam hasil hidrolisis dengan tetap mencegah terbentuknya hasil samping yang tidak diinginkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar glukosa tertinggi yang didapat melalui proses hidrolisis asam ampas batang sorgum dengan konsentrasi jenis asam 40% (%v/v) dan jenis asam sulfat dengan menggunakan alat analisa refraktometer ialah 39,5% Brix. Berdasarkan Response Surface Methodology (RSM), jenis asam dan konsentrasi jenis asam yang paling optimal berturut-turut asam sulfat dan 40% (%v/v) dengan kadar glukosa yang dihasilkan ialah

40,334%. Setelah dilakukan analisa *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) pada sampel hidrolisis menggunakan asam sulfat 40% (v/v), diperoleh kadar glukosa sebesar 0,0005732%.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. Kurniasari and E. Sulistyono, 'Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Varietas Numbu dengan Pemupukan Organik yang Berbeda Growth and Production of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Varieties of Numbu with Different Organic Fertilization', 2023.
- [2] Yeti Widyawati, Yeti Widyawati. "Sintesis Bioetanol Dari Bagas Sorgum Samurai 1 Hasil Hidrolisis Enzimatis Dan Fermentasi Oleh *Saccharomyces Cerevisiae*." *Jurnal Konversi* 11.1 (2022): 1-12
- [3] M. H. Ndapamuri, M. M. Herawati, and V. I. Meitiniarti, 'Production of Sugar From Sweet Sorghum Stems with Hydrolysis Method Using *Trichoderma viride*', *Biosaintifika*, vol. 13, no. 1, pp. 121–127, Apr. 2021, doi: 10.15294/biosaintifika.v13i1.25954.
- [4] Kurniati, Yuni, Iis Elfy Khasanah, and Kurniawati Firdaus. "Kajian pembuatan bioetanol dari limbah kulit nanas (*Ananas comosus*. L)." *Jurnal Teknik Kimia USU* 10.2 (2021): 95-101.
- [5] D. Proses Hidrolisis Secara Digital and N. C. Ketut Sari Dira Ernawati Nabilah Adita Putri Yuliana Hariyati Nur, *Teori Dan Aplikasi Pembuatan Glukosa Dengan Proses Hidrolisis Secara Digital*. 2022. [Online]. Available: www.indomediapustaka.com
- [6] Zaitoun, Margaret, Maissam Ghanem, and Seba Harphoush. "Sugars: Types and their functional properties in food and human health." *International Journal of Public Health Research* 6.4 (2018): 93-99.
- [7] P. Rukmini and I. Santosa, 'Pemanfaatan Pati Gembili (*Dioscorea esculenta*) Menjadi Glukosa Dengan Metode Hidrolisis Asam Menggunakan Katalis HCl', *Konversi*, vol. 8, no. 1, Apr. 2019, doi: 10.20527/k.v8i1.6514.
- [8] D. I. Wardhana, A. Assadam, A. N. Nalawati, and R. Murwanti, 'Produksi gula pereduksi dari kulit kopi robusta dengan metode hidrolisis asam', *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 16, no. 2, pp. 164–170, May 2022, doi: 10.21107/agrointek.v16i2.10176.
- [9] M. R. Pratami, R. Fitria Darmayanti, N. Febia Nuraini, and F. Munawaroh, 'Hydrolysis of Mixed Sugarcane Bagasse and Rice Husk Using Cellulase Enzyme for Reducing Sugar', 2022.
- [10] Pramana, Adeks, Abdul Rahman Razak, and Prismawiryanti Prismawiryanti. "Hidrolisis selulosa dari sekam padi (*Oryza sativa*) menjadi glukosa dengan katalis arang tersulfonasi." *Kovalen* 2.3 (2016): 145279.
- [11] P. Kumar, D. M. Barrett, M. J. Delwiche, and P. Stroeve, 'Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production', Apr. 15, 2009. doi: 10.1021/ie801542g.
- [12] Rohman, Robby Julian Fathur, et al. "Pengaruh Konsentrasi Larutan HCl dan H₂SO₄ Terhadap Produksi Gula Pereduksi Dalam Proses Hidrolisis Enceng Gondok dengan Menggunakan Instrumen Ultrasonik." *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*. 2024.
- [13] M. Prabudi *et al.*, 'Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) dengan Historical Data pada Optimasi Proses Produksi Burger', *Jurnal Mutu Pangan*, vol. 5, no. 2, pp. 109–115, 2018.
- [14] Artati, Eni Kriswiyanti, Fitri Wulandari, and Riski Nalendra Sukma. "Pengaruh Konsentrasi Katalis Asam Dan Kecepatan Pengadukan Pada Hidrolisis Selulosa dari Ampas Batang Sorgum Manis." *EKUILIBRIUM* 12.1 (2013): 17-22.
- [15] Khadafi, Mhd Iqbal, and Syamsa Bakti Fordini. "Pengaruh Jenis Katalis Asam Dalam Hidrolisis Pada Ampas Batang Tanaman Sorgum Manis." *Prosiding Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono*. Vol. 19. No. 1. 2023.
- [16] I. R. Hidayat, A. Zuhrotun, and I. Sopyan, 'Design-Expert Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi', *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 1, Oct. 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27842.
- [17] Deivy Andhika Permata, Anwar Kasim, Alfi Asben, and Yusniwati, 'Delignification of Lignocellulosic Biomass', *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 12, no. 2, pp. 462–469, Nov. 2021, doi: 10.30574/wjarr.2021.12.2.0618.
- [18] P. A. Wulandari, M. Fatimura, and R. Fitriyanti, 'Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ Dan Waktu Fermentasi Terhadap Proses Pembuatan Bioetanol Berbahan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)', *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, vol. 04, no. 02, 2023.

- [19] Agustian, Joni, Lilis Hermida, and Pia Sabrina Murtadho. "Optimasi proses hidrolisis pati tapioka menggunakan glukoamilase terimobilisasi pada silika MCF 9.2 T-3D berdasarkan response surface methodology (box-behnken design)." *PROSIDING SNTKK 2018* 2018 (2018): I21-I27.
- [20] I. Rahmawati *et al.*, 'Penerapan Response Surface Methodology dalam Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Antosianin pada Limbah Kulit Kakao dengan Metode Maserasi Menggunakan Pelarut Etanol', *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 6, no. 1, Jun. 2022, doi: 10.17977/um0260v6i12022p024.
- [21] E. Yuliwati *et al.*, 'Optimasi Gasifikasi Ampas Tebu Menggunakan Design Expert 11 Untuk Memaksimalkan Rasio Syngas', 2022.
- [22] E. Abriyani *et al.*, 'Literature Review: Tinjauan Aplikasi HPLC (High Performance Liquid Chromatography) dalam Analisis Farmasi', *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, no. 13, pp. 185–197, 2024, doi: 10.5281/zenodo.12704456.