

Kinetika Reaksi Sintesis Glukosa dari Limbah Padat Yeast (*Yeast Mud*) Menggunakan Proses Hidrolisis Asam

Dimas Nur Arifianto*, Rasendriya Putra Reswara, Retno Dewati

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

*Koresponden email : 20031010162@student.upnjatim.ac.id

Diterima : 16 September 2024

Disetujui : 23 September 2024

Abstract

Glucose is usually used in the production of liquid sugar, syrup and as an alternative energy source such as bioethanol. An alternative material for the production of glucose is to use waste residues that can still be used, such as solid yeast waste (yeast sludge) from PT. Energi Agro Nusantara, which has a relatively high carbohydrate content of 31.55%. This research was conducted in 3 stages. The first stage is the preparation of raw materials, followed by the production of liquid glucose by acid hydrolysis method and the determination of reaction order and reaction rate constant. The hydrolysis was carried out at a constant temperature of 90°C, stirring speed of 200 rpm, material ratio of 1:10, HCl concentration: 2.5N; 3N; 3.5N; 4N; 4.5N, and hydrolysis time: 60 min; 90 min; 120 min; 150 min; 180 min. The results of the study showed that the glucose synthesis reaction from yeast sludge solid waste followed a pseudo first order reaction, and the glucose content of the hydrolysis results was influenced by the concentration of HCl catalyst and the duration of hydrolysis, which had a directly proportional effect. The highest glucose content obtained was 26% and the reaction rate constant (k) value was 0.0046 at a concentration of 4.5 N HCl with a hydrolysis time of 180 minutes.

Keywords: *yeast solid waste, hydrolysis, glucose*

Abstrak

Glukosa biasanya dimanfaatkan dalam pembuatan gula cair, sirup, dan sebagai sumber energi alternatif seperti bioetanol. Salah satu alternatif bahan pembuatan glukosa yaitu menggunakan hasil sisa-sisa limbah yang masih bisa dimanfaatkan seperti limbah padat *yeast (yeast mud)* dari PT. Energi Agro Nusantara yang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi sebesar 31,55%. Penelitian ini dilaksanakan dengan 3 tahapan. Tahapan pertama adalah persiapan bahan baku, dilanjutkan dengan pembuatan glukosa cair dengan metode hidrolisis asam, dan penentuan orde reaksi serta konstanta laju reaksi. Hidrolisis dilakukan pada temperature tetap 90°C, kecepatan pengadukan 200 rpm, rasio bahan 1:10, konsentrasi HCl : 2,5N; 3N; 3,5N; 4N; 4,5N, dan lama waktu hidrolisis : 60 menit; 90 menit; 120 menit; 150 menit; 180 menit. Hasil penelitian menunjukkan reaksi sintesis glukosa dari limbah padat *yeast (yeast mud)* mengikuti reaksi orde 1 pseudo, serta kadar glukosa hasil hidrolisis dipengaruhi oleh konsentrasi katalis HCl dan lama waktu hidrolisis yang memiliki pengaruh berbanding lurus. Kadar glukosa tertinggi yang didapatkan sebesar 26% dan didapatkan nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0,0046 pada konsentrasi HCl 4,5N dengan lama waktu hidrolisis 180 menit.

Kata kunci: *limbah padat yeast, hidrolisis, glukosa*

1. Pendahuluan

Peningkatan permintaan glukosa di Indonesia terus meningkat, sehingga diperlukan alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Glukosa biasanya dimanfaatkan dalam pembuatan gula cair, sirup, dan sebagai sumber energi alternatif seperti bioetanol. Salah satu alternatif bahan pembuatan glukosa yaitu menggunakan hasil sisa-sisa limbah yang masih bisa dimanfaatkan seperti limbah padat *yeast (yeast mud)* dari PT. Energi Agro Nusantara. Berdasarkan analisis terhadap kandungan limbah padat *yeast (yeast mud)* dari PT. Energi Agro Nusantara yang dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, diketahui bahwa limbah padat *yeast (yeast mud)* memiliki kandungan karbohidrat yang cukup besar. Hasil analisa limbah padat yeast (*yeast mud*) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Limbah Padat Yeast (*yeast mud*)

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Protein	49,63
2.	Karbohidrat	31,55
3.	Mineral	7,98
4.	RNA	8,12
5.	Lipid	4,64

Sumber : PT. Energi Agro Nusantara

Berdasarkan hasil analisis kandungan limbah padat yeast (*yeast mud*), dapat diketahui karbohidrat yang terkandung dalam limbah terbilang cukup tinggi, sehingga limbah padat yeast (*yeast mud*) memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan glukosa cair menggunakan metode hidrolisis. Karbohidrat dapat diubah menjadi glukosa dengan menggunakan metode hidrolisis. Hidrolisis merupakan suatu proses pemisahan atau penguraian suatu senyawa antara reaktan dengan air. Reaksi ini termasuk ke dalam reaksi orde satu, dikarenakan air yang digunakan berlebih sehingga reaktan dapat diabaikan. Terdapat beberapa jenis hidrolisis yang dapat digunakan dalam pembuatan glukosa yaitu hidrolisis tanpa katalisator, hidrolisis dengan asam, hidrolisis dengan basa, dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis asam merupakan hidrolisis menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Hidrolisis asam biasanya menggunakan asam klorida atau asam sulfat dengan konsentrasi tertentu. Hidrolisis secara asam dapat dilakukan dengan menggunakan asam kuat encer pada temperatur tinggi dan tekanan tinggi, dan dapat dilakukan dengan asam pekat dengan temperatur dan tekanan rendah (Herawati, 2021).

Penentuan suatu kondisi operasi atau penyimpanan terbaik dalam memberikan mutu produk yang optimum diperlukan data kinetik dari reaksi proses hidrolisis. Kinetika reaksi adalah ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, orde reaksi, dan mekanisme reaksi. Dalam waktu tertentu, terdapat reaksi yang menghasilkan produk dalam jumlah banyak, yang berarti reaksi tersebut berlangsung cepat, sedangkan reaksi yang menghasilkan produk sedikit dapat diartikan sebagai reaksi yang berlangsung lambat. Orde reaksi merupakan faktor penting dalam laju reaksi, dimana harga orde reaksi akan berpengaruh terhadap besarnya laju reaksi. Orde reaksi adalah bilangan pangkat pada konsentrasi yang dapat menyesuaikan dengan laju reaksi (Rusman, 2020).

Penelitian mengenai pembuatan glukosa telah dilakukan oleh beberapa peneliti terlebih dahulu. Pada tahun 2017, Sylvia dkk melakukan penelitian produksi glukosa dari kulit pisang kapok, yang memperoleh kadar glukosa terbaik sebesar 10,7 mg dengan kondisi operasi 100°C pada waktu 60 menit dengan konsentrasi katalis (HCl) 2,5 N dan reaksi hidrolisis yang terjadi merupakan reaksi orde satu dengan konstanta kecepatan reaksi 0,004645 menit⁻¹. Penelitian lainnya dilakukan oleh Rahmawati dkk dengan bahan pati biji alpukat pada tahun 2020, dimana kadar glukosa yang diperoleh setelah hidrolisis sebesar 3,5414% dengan kondisi operasi 90°C selama 70 menit dengan konsentras katalis (HCl) 1,5 N dan reaksi hidrolisis yang terjadi merupakan reaksi orde satu dengan nilai konstanta laju reaksi sebesar 0,0192 menit⁻¹.

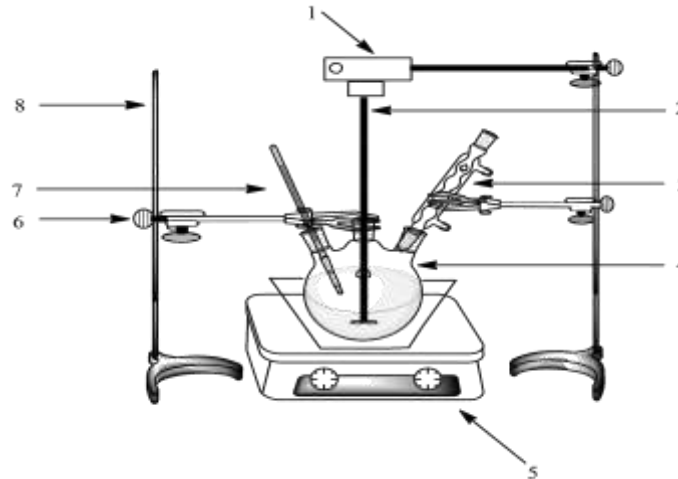
Penelitian terkait pembuatan glukosa lainnya juga dilakukan pada tahun 2020 oleh Ayuni menggunakan bahan serat sabut kelapa, yang memperoleh hasil kadar glukosa yang diperoleh setelah hidrolisis sebanyak 1,44% pada konsentrasi asam 4N disetiap variasi waktu. Kondisi operasi yang dijalankan yaitu 100°C dengan variasi waktu 40 menit; 60 menit; 90 menit; dan 120 menit menggunakan konsentrasi HCl dengan variasi pada pH 4 dan reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde satu masing-masing 1N ; 3N ; 4N ; 4,5N ; 5N. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Priatna dkk pada tahun 2021, temperatur dan konsentrasi asam dapat mempengaruhi hasil dari kadar glukosa yang diperoleh. Dalam penelitiannya kadar glukosa semakin meningkat ketika suhunya semakin tinggi dan kadar glukosa hasil hidrolisis meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi asam yang digunakan.

Dari banyaknya penelitian yang telah dilakukan terkait pemanfaatan limbah menjadi glukosa cair, kami menggunakan limbah padat yeast (*yeast mud*) dari PT Energi Agro Nusantara. Oleh karena itu, dilakukan penelitian “Kinetika Reaksi Sintesis Glukosa dari Limbah Padat Yeast (*Yeast Mud*) Menggunakan Proses Hidrolisis Asam” Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh glukosa cair serta data kinetika reaksi untuk mendesain reaktor apabila di kemudian hari dilakukan *scale up*.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah padat *yeast* (*yeast mud*), yang diperoleh dari PT. Energi Agro Nusantara, Kabupaten Mojokerto. Asam klorida 37% sebagai katalisator asam proses hidrolisis yang diperoleh dari CV. Nirwana Abadi, Surabaya. Aquadest sebagai pelarut yang diperoleh dari CV. Nirwana Abadi, Surabaya. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain labu leher tiga 500 mL, gelas ukur 100 mL, kondensor, *hot plate*, thermometer, *generator stirrer*, corong kaca, neraca analitik, kaca arloji, pipet tetes, spatula, refraktometer brix, dan labu ukur 250 mL.



Gambar 1. Rangkaian Alat Hidrolisis

Keterangan:

1. *Generator stirrer*
2. *Stirrer*
3. Kondensor
4. Labu leher tiga
5. *Heating mantle*
6. Klem
7. Thermometer
8. Statif

Prosedur Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini perlu dibersihkan dengan air mengalir terlebih dahulu. Lalu, menyiapkan bahan utama yaitu limbah padat *yeast* (*yeast mud*) yang sudah dijemur selama kurang lebih 4 jam hingga kering dan dilakukan pengecilan ukuran dengan cara ditumbuk hingga menjadi halus seperti bubuk. Setelah itu, menyiapkan bahan pendukung berupa HCl 32%, NaOH 10%, dan aquadest.

Pembuatan Glukosa Cair

Sebanyak 25 gram limbah padat *yeast* (*yeast mud*) yang telah dikeringkan ditambahkan 250 HCl dengan konsentrasi 2,5 N ; 3N ; 3,5N ; 4N ; 4,5N ke dalam labu leher tiga. Selanjutnya campuran larutan dipanaskan pada suhu 90°C pada kecepatan pengadukan 200 rpm dan dengan waktu hidrolisis : 60 menit ; 90 menit ; 120 menit ; 150 menit ; 180 menit. Larutan hasil hidrolisis kemudian didinginkan dan dilakukan analisis kadar glukosa menggunakan refraktometer.

Analisis Kadar Glukosa

Langkah pertama melakukan kalibrasi refraktometer brix menggunakan aquadest. Lalu refraktometer brix yang telah dikalibrasi kemudian diteteskan beberapa tetes larutan hasil hidrolisis hingga seluruh permukaan kaca atau area uji. Kemudian menutup prisma refraktometer brix secara perlahan agar tidak terdapat gelembung udara yang dapat mempengaruhi pembacaan kadar glukosa. Langkah terakhir yaitu melakukan pembacaan kadar glukosa yang sesuai dengan pembacaan di refractometer brix.

Penentuan Orde Reaksi dan Konstantan Kecepatan Reaksi

Setelah didapatkan kadar glukosa selanjutnya melakukan perhitungan jumlah pati mula-mula, jumlah pati bereaksi, jumlah pati sisa, jumlah air mula-mula, jumlah air bereaksi, dan jumlah air sisa. Kemudian membuat grafik hubungan $-\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$ untuk menguji data hasil perhitungan terhadap reaksi orde

1. Apabila orde reaksi sudah diketahui, maka dilakukan perhitungan konstanta kecepatan reaksi berdasarkan persamaan orde reaksi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisis Bahan Limbah Padat Yeast (*Yeast Mud*)

Berdasarkan **Tabel 1**, dapat diketahui bahwa kandungan karbohidrat pada limbah padat *yeast* (*yeast mud*) terbilang cukup besar dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku sintesis glukosa cair. Potensi limbah padat *yeast* (*yeast mud*) sebagai bahan baku sintesis glukosa cair diperkuat dengan hasil analisis kandungan karbohidrat pada batch pengambilan limbah padat *yeast* (*yeast mud*) yang memiliki kandungan 51,08%. Menurut (Haryono, 2019) suatu bahan yang mengandung karbohidrat dapat diubah uraikan menjadi senyawa glukosa dengan proses hidrolisis.

Tabel 2. Komposisi bahan limbah padat yeast (*yeast mud*) dari PT. Energi Agro Nusantara

Komponen	Kadar (%)
Protein	49,63
Karbohidrat	31,55
Mineral	7,98
RNA	8,12
Lipid	4,64

3.2. Hubungan Antara Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan pada Variasi Konsentrasi HCl

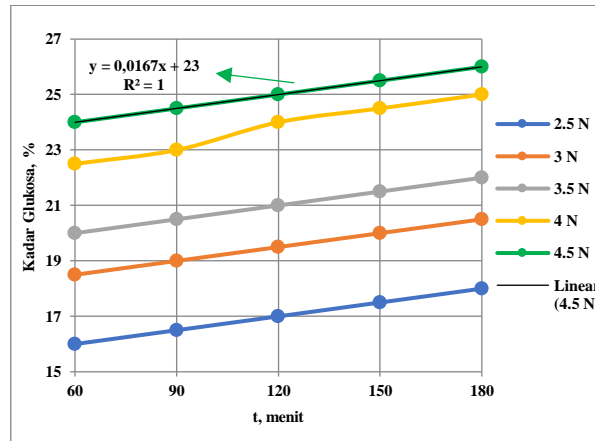
Tabel 3. Hubungan waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan pada variasi konsentrasi HCl

Konsentrasi HCl (N)	Waktu Hidrolisis (menit)	Kadar Glukosa (%)
2,5	60	16
	90	16,5
	120	17
	150	17,5
	180	18
3	60	18,5
	90	19
	120	19,5
	150	20
	180	20,5
3,5	60	20
	90	20,5
	120	21
	150	21,5
	180	22
4	60	22,5
	90	23
	120	24
	150	24,5
	180	25
4,5	60	24
	90	24,5
	120	25
	150	25,5
	180	26

Berdasarkan **Tabel 3** semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan pada variasi waktu hidrolisis akan menghasilkan konsentrasi glukosa yang semakin besar. Katalis memiliki peran untuk mengurangi energi aktivasi dari suatu reaksi dengan cara memberikan suatu lintasan lain untuk menghindari tahap reaksi yang paling lambat, sehingga dapat mempercepat laju reaksi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nagahata (2013), penambahan asam kuat seperti HCl dan H₂SO₄ sebagai katalis dalam reaksi hidrolisis pati dapat mempercepat reaksi, karena asam kuat berperan dalam menyerang ikatan glikosidik dalam pati dan memecahnya menjadi unit-unit glukosa yang lebih kecil, sehingga proses pemecahan ikatan glikosidik yang

seharusnya merupakan peran dari molekul air dalam reaksi dapat dipersingkat, dengan demikian penggunaan katalis dapat meningkatkan jumlah glukosa yang dihasilkan. Hubungan serupa juga ditunjukkan pada waktu hidrolisis, dimana semakin lama waktu hidrolisis akan menghasilkan konsentrasi glukosa yang semakin besar. Hubungan ini disebabkan lamanya waktu hidrolisis menyebabkan semakin banyak molekul zat pereaksi yang saling bertumbukan sehingga karbohidrat yang terhidrolisis menjadi glukosa semakin meningkat.

3.3. Pengaruh Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan Pada Variasi Konsentrasi HCl

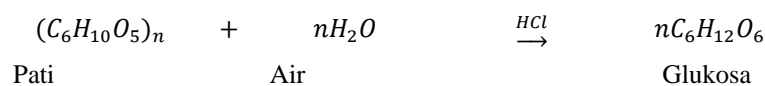


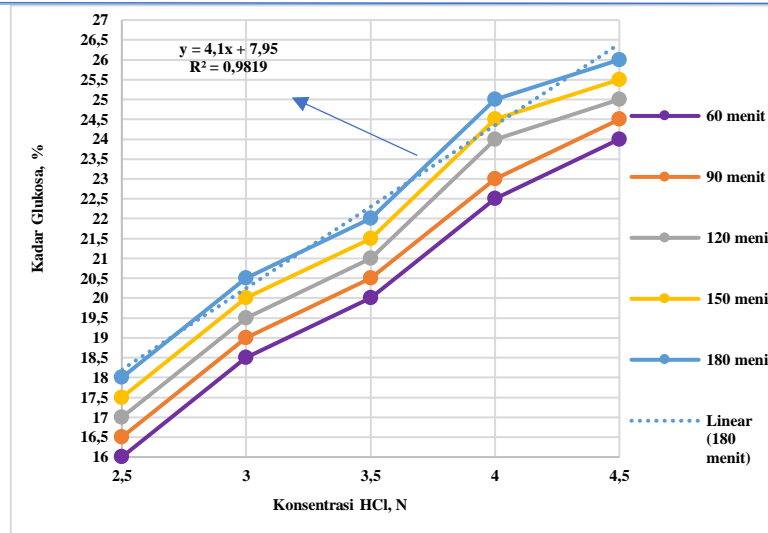
Gambar 2. Pengaruh waktu hidrolisis (t) terhadap kadar glukosa yang dihasilkan pada variasi konsentrasi HCl

Berdasarkan Gambar 2 kadar glukosa yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya waktu hidrolisis, begitu juga sebaliknya semakin sedikit waktu hidrolisis yang dilakukan maka kadar glukosa yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini terjadi karena lamanya waktu hidrolisis menyebabkan semakin banyak frekuensi molekul zat pereaksi yang saling bertumbukan sehingga karbohidrat yang terhidrolisis menjadi glukosa semakin meningkat. Menurut Atkins (2023), lamanya waktu hidrolisis akan memperbanyak jumlah tumbukan zat – zat pereaksi sehingga molekul – molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak hasil glukosa yang terbentuk. Menurut Yanuarita (2022), bertambahnya waktu pemanasan pada suhu optimal menyebabkan ikatan 1-4- α amilosa dan 1-6- α glukosida amilopektin pada pati akan lebih mudah pecah, sehingga ikatan antar unit glukosa dari amilopektin dan amilosa lepas dan menghasilkan rantai pendek ikatan glukosa. Dalam batas waktu tertentu, akan diperoleh konversi yang cukup baik. Dengan waktu hidrolisis yang lebih lama, jumlah tumbukan zat pereaksi akan meningkat, menghasilkan lebih banyak molekul bereaksi dan lebih banyak hasil.

3.4. Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan Pada Variasi Waktu

Berdasarkan Gambar 3 kadar glukosa meningkat seiring dengan besarnya konsentrasi HCl yang digunakan. Konsentrasi HCl yang tinggi menyebabkan peningkatan frekuensi tumbukan antar reaktan sehingga kadar glukosa yang dihasilkan juga semakin tinggi. Penambahan asam dapat mempercepat reaksi, karena asam sebagai katalisator (ion H⁺ nya yang diperlukan). Menurut Atkins (2023), penggunaan konsentrasi asam yang tinggi menghasilkan kontak yang lebih besar antara karbohidrat dan asam sehingga akan mempermudah terurainya karbohidrat menjadi senyawa glukosa. Pada dasarnya proses hidrolisis pati berjalan sangat lambat, sehingga diperlukan bantuan katalis. Proses hidrolisis pati yang terjadi pada penelitian ini menggunakan HCl sebagai katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Adapun reaksi hidrolisis yang terjadi yaitu sebagai berikut.



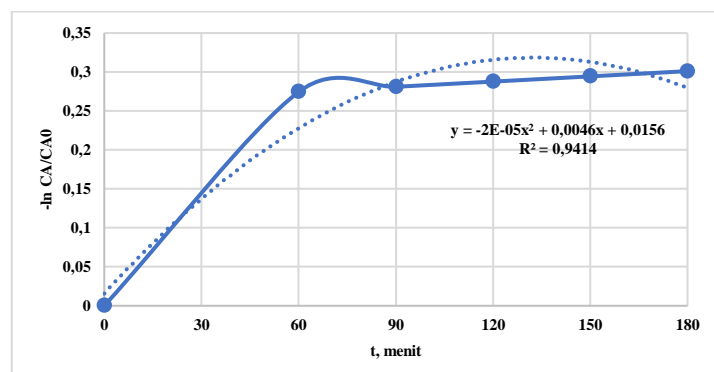


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap kadar glukosa yang dihasilkan pada variasi waktu

Mekanisme reaksi dari penelitian ini yaitu HCl memberikan proton kepada molekul air yang kemudian menghasilkan ion hidronium. Ion ini kemudian dapat menyerang senyawa yang akan dihidrolisis, sehingga pemutusan ikatan kimia yang terjadi lebih mudah. Menurut Yuniarti (2024), mekanisme reaksi hidrolisis dengan katalis asam dimulai dengan adanya donor H⁺. Donor H⁺ berasosiasi dengan oksigen glikosidik dengan cepat, membentuk asam konjugasi. Ion karbonium siklik dibentuk oleh pemutusan ikatan C-O dan asam konjugasi. Gula bebas dan proton dilepaskan setelah penambahan air yang cepat. Proton yang dilepaskan secara cepat berinteraksi dengan oksigen glikosidik yang mengikat dua gugus gula. Proses ini berlanjut sampai molekul selulosa dihidrolisis menjadi molekul glukosa.

3.5. Uji Coba Data Penelitian Terhadap Reaksi Orde 1

Berdasarkan grafik uji coba orde 1 pada Gambar 4, dapat diketahui bahwa grafik menunjukkan tren peningkatan nilai $-\ln C_A/C_{A0}$ seiring dengan bertambahnya waktu hidrolisis. Menurut Levenspiel (1999), syarat yang memenuhi orde 1 yaitu grafik tidak boleh memiliki intercept. Grafik diatas menunjukkan persamaan yang memenuhi syarat orde 1, yaitu tidak memiliki intercept atau melewati titik (0,0). Hal lain yang dapat diketahui dari grafik tersebut adalah tingkat ketelitian data atau nilai R². Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa nilai R² untuk persamaan linier uji coba orde 1 dari data hasil penelitian sebesar 0,9414. Menurut Chin (1998), nilai R² dikategorikan kuat jika lebih dari 0,67 ; moderat jika lebih dari 0,33 tetapi lebih rendah dari 0,67 ; dan lemah jika lebih dari 0,19 tetapi lebih rendah dari 0,33. Berdasarkan kategori yang dikemukakan oleh Chin tersebut, maka nilai R² dalam penelitian ini tergolong kedalam kategori kuat.



Gambar 4. Grafik uji coba orde 1 plot waktu (t) Vs. $-\ln C_A/C_{A0}$ pada konsentrasi HCl 4,5N

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui pada persamaan garis yang didapat antara plot waktu dengan $-\ln C_A/C_{A0}$ dimana slope dapat diketahui sebagai nilai konstanta laju reaksi (k). Harga konstanta laju reaksi untuk masing-masing konsentrasi HCl dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Penentuan Nilai Konstanta Laju Reaksi

Konsentrasi HCl	$y = k.t + C$	k
2,5 N	$y = -1E-05x^2 + 0,0029x + 0,0097$	0,0029
3 N	$y = -1E-05x^2 + 0,0034x + 0,0115$	0,0034
3,5 N	$y = -1E-05x^2 + 0,0037x + 0,0125$	0,0037
4 N	$y = -2E-05x^2 + 0,0043x + 0,0138$	0,0043
4,5 N	$y = -2E-05x^2 + 0,0046x + 0,0156$	0,0046

Berdasarkan **Tabel 4** diatas, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka akan semakin besar pula nilai konstanta laju reaksinya. Hal ini terjadi ketika semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan menyebabkan energi aktivasi reaksi akan menjadi kecil, sehingga menyebabkan laju reaksi menjadi semakin cepat. Menurut Nugroho (2022) dalam bukunya, katalis dapat mempercepat jalannya suatu reaksi karena katalis dapat menurunkan harga energi aktivasi (E_a) dengan cara memberikan suatu lintasan lain yang menghindari tahap reaksi yang paling lambat atau dapat juga dipahami jika harga energi aktivasi (E_a) semakin rendah, maka harga konstanta laju reaksi (k) akan semakin besar. Penelitian terkait kinetika reaksi hidrolisis asam juga dilakukan oleh Rahmawati (2020), dimana dalam penelitiannya pati biji alpukat dihidrolisis pada temperatur 90°C, dengan variasi waktu hidrolisis (30 – 70 menit) dan variasi katalis HCl (0,5 M – 2,5 M). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati yaitu diketahui bahwa nilai konstanta laju reaksi akan semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi katalis HCl yang digunakan dalam proses hidrolisis. Hasil terbaik diperoleh Rahmawati pada konsentrasi katalis HCl 2,5 M yang memperoleh nilai tetapan laju reaksi sebesar 0,01962.

Menurut Nugroho (2022), pada umumnya perubahan temperatur akan mempengaruhi harga tetapan laju reaksi (k), dimana semakin tinggi temperatur maka nilai konstanta laju reaksi akan semakin besar seiring dengan berkurangnya energi aktivasi (E_a), sehingga reaksi akan semakin mudah berlangsung. Berdasarkan persamaan Arrhenius $k = A.e^{-E/RT}$, energi aktivasi yang kecil akan mengakibatkan meningkatnya nilai konstanta laju reaksi, sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat. Sebaliknya, apabila energi aktivasi meningkat, maka konstanta laju reaksi akan menurun, sehingga reaksi akan berjalan semakin lambat.

4. Kesimpulan

Kinetika reaksi sintesis glukosa dari limbah padat *yeast (yeast mud)* mengikuti reaksi orde 1 pseudo, serta kadar glukosa hasil hidrolisis dipengaruhi oleh konsentrasi katalis HCl yang digunakan dan lama waktu hidrolisis. Lama waktu hidrolisis dan konsentrasi katalis HCl memiliki pengaruh berbanding lurus terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Semakin lama waktu hidrolisis, maka semakin besar pula kadar glukosa yang dihasilkan, demikian pula untuk konsentrasi katalis HCl, semakin besar konsentrasi katalis HCl yang digunakan, maka semakin besar pula kadar glukosa yang dihasilkan. Orde reaksi yang terjadi pada sintesis glukosa dari limbah padat *yeast (yeast mud)* menggunakan proses hidrolisis asam adalah reaksi orde 1 pseudo. Hasil terbaik diperoleh pada kondisi konsentrasi katalis HCl 4,5N dengan waktu hidrolisis 180 menit yang menghasilkan glukosa dengan kadar 26% dan nilai tetapan laju reaksi sebesar 0,0046.

5. Daftar Pustaka

- Ayuni, N.P.S & Hastini, P.N. 2020. Serat Sabut Kelapa Sebagai Kajian pembuatan Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 9(2): 102-110.
- Atkins, P. W., De Paula, J., & Keeler, J. 2023. *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford University Press.
- Chin, W. W. 1998. The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. *Modern Methods for Business Research*, 295-336.
- Haryono, H. E. 2019. *Kimia Dasar*. Deepublish.
- Herawati, N., Roni, K.A., Fransiska, S & Rifdah. 2021. Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Proses Hidrolisis Asam. *Jurnal Redoks*. 6(1): 35 – 51.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*. Wiley.
- Nagahata, Y., Kobayashi, I., Goto, M., Nakaura, Y & Inouchi, N. 2013. The Formation of Resistant Starch during Acid Hydrolysis of High-amylose Corn Starch. *J-STAGE*, 60(2): 123-130.
- Nugroho, D.E. 2022. *Laju Reaksi dan Mekanisme Reaksi*. Penerbit PPSM.
- Rahmawati, S., Asnila., Suherman., Abram, H.P. 2020. Kinetika Reaksi Pati Biji Alpukat (*persea americana*) dengan Katalis HCl, *JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)*, 4,(1).
- Rusman. 2020. *Kinetika Kimia*. Syiah Kuala University Press.

- Sylvia, N., Meriatna, M., & Haslina, H. (2017). Kinetika hidrolisa kulit pisang kepok menjadi glukosa menggunakan katalis asam klorida. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 51-65.
- Yanuarita, P.D., Zuhair, D.S.N., Fajar, S.M & Muliawati, E.C. 2022. Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalis Asam Klorida Terhadap Hidrolisis Kulit Gandum Pollard. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*, 2(1): 76-80.
- Yuniarti, R., Satria, A. W., Wiandini, W., Zaezarini, N., Achmad, F., & Yusupandi, F. 2024. Pengaruh Perlakuan Awal terhadap Karakteristik Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Karet (*Manihot glaziovii*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 13(1), 1-8.