



Analisa Kinetika Degradasi Kadar Gula pada Nira Aren untuk Pembuatan Alkohol

Achmad Qodim Syafaatullah^{1,*}, Dwi Setyorini², Iman Pradana A. Assagaf³

^{1,2} Jurusan Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar, Jalan Sunu No. 220, Kec. Tallo, Kota Makassar, 90221

³ Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Jalan Sunu No. 220, Kec. Tallo, Kota Makassar, 90221

*E-mail koresponden : Achmadqodims@atim.ac.id

Diterima: 19 12 2023

Direvisi: 29 01 2024

Disetujui: 31 01 2024

ABSTRAK

Nira aren adalah cairan yang didapat dari hasil perasan pohon aren yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan alkohol melalui proses fermentasi. Alkohol sendiri memiliki banyak manfaat seperti industri minuman, kesehatan, farmasi dan kecantikan. Hal ini membuat nilai jual dari nira aren lebih tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinetika degradasi pembuatan alkohol dan kadar alkohol yang dihasilkan. Proses fermentasi nira aren dilakukan dengan menambahkan *starter* ke dalam fermentor dalam keadaan tertutup atau anaerob. Proses fermentasi dilakukan selama 10 jam dan digunakan menggunakan *metode fed batch* dengan setiap jam dilakukan analisa. Hasil analisa degradasi kadar gula pada nira aren menunjukkan orde yang sesuai adalah orde 1 dengan nilai r^2 sebesar 0,9876. Nilai r^2 pada orde 1 yang lebih besar dari orde 2 dan mendekati 1 menunjukkan orde 1 mewakili proses sebenarnya.

Kata kunci: Nira aren, fermentasi, alkohol, kinetika, orde

ABSTRACT

Nira aren is a liquid obtained from palm trees which can be used as a basic ingredient for making alcohol through a fermentation process. Alcohol has many benefits in the beverage, health, pharmaceutical and beauty industries. This makes the selling value of palm sap higher. This research was carried out to determine the kinetics of degradation of alcohol production and the alcohol content produced. The juice fermentation process is carried out by adding a starter to the fermenter in a closed or anaerobic condition. The fermentation process was carried out for 10 hours and was used using the fed batch method with analysis carried out every hour. The results of the analysis of the degradation of sugar content in palm sap show that the appropriate order is order 1 with an r^2 value of 0.9876. A value of r^2 in the first-order is greater than second-order and the value which is close to 1 indicates that order 1 represents the actual process.

Keywords: Nira aren, fermentation, alcohol, kinetics, order

PENDAHULUAN

Salah satu bahan pangan yang digunakan untuk membuat gula adalah nira aren. Pohon aren biasanya tumbuh sendirian. Mulai dari bagian fisik pohon hingga hasil produksinya, hampir semua bagian dari pohon ini dapat digunakan dan memiliki nilai ekonomi. Sumber daya tersebut juga tersedia secara merata di seluruh Indonesia, seperti di Sulawesi Selatan, yang memiliki potensi aren yang sangat besar. Nira aren biasanya diproses menjadi gula batu (juga dikenal sebagai gula merah) atau gula semut yang berbentuk kristal. Dengan melakukan fermentasi, nira aren juga dapat digunakan untuk membuat alkohol [1,10].

Dalam keadaan anaerob, pertumbuhan dan metabolisme mikroba menghasilkan komponen kimiawi melalui fermentasi. Selama proses fermentasi dalam keadaan anaerobik, gula akan dibuat sebagai bahan utama proses fermentasi. Contoh bahan yang dihasilkan dari fermentasi adalah hidrogen, etanol, dan asam laktat, tetapi juga asam butirat dan aseton. Karbohidrat akan terlebih dahulu dipecah menjadi gula sederhana melalui hidrolisa pati menjadi unit glukosa setelah mikroba menyerap alkohol dan karbondioksida. Proses fermentasi dapat meningkatkan nilai produk yang dihasilkan dari nira aren, yang pada gilirannya meningkatkan nilai jual dari produk tersebut [3]. Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai analisa kinetika reaksi degradasi yang terjadi pada pembentukan alkohol. Kinetika orde baik orde 1 maupun orde 2 yang didapatkan dapat merepresentasikan mekanisme reaksi yang terjadi. Laju reaksi dan nilai konstanta laju reaksi yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai parameter untuk proses fermentasi dengan skala yang lebih besar [5,9].

METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian ini terdapat 3 tahap proses yaitu persiapan, fermentasi, serta pengukuran kadar gula dan kadar alkohol yang dihasilkan. Pertama kali disiapkan fermentor dengan volume 4 L larutan nira dimana kadar gula awal yang dimiliki adalah 12,17%. *Starter* dibuat dalam volume 400 mL dengan jumlah biomassa sebanyak 16 mikroba khamir. Kemudian, diinokulasikan *starter* ke dalam fermentor secara perlahan. Selama proses fermentasi berjalan dilakukan pengamatan setiap jam. Pengamatan yang dilakukan adalah kadar gula dan kadar alkohol yang dihasilkan menggunakan *refractometer* dan *alcoholmeter*. Analisa kinetika degradasi pada kadar gula dilakukan dengan menggunakan persamaan Lagergen. Untuk persamaan kinetika orde 1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a \quad (1)$$

Dimana k (jam^{-1}) adalah konstanta laju reaksi degradasi untuk orde satu dan t (jam) adalah waktu fermentasi. Selanjutnya persamaan (1) diintegrasikan dengan menggunakan kondisi batas $C_a = C_{a0}$ pada $t = 0$ dan $C_a = C_a$ pada $t = t$;

$$(\ln C_a)_{C_{a0}}^{C_a} = -kt \quad (2)$$

Persamaan (2) yang telah diperoleh tersebut dapat diubah menjadi bentuk linier sebagai berikut :

$$\ln C_a = -kt + \ln C_{a0} \quad (3)$$

kemudian dibuat plot antara $\ln C_a$ dengan t untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang kemudian akan didapatkan hasil untuk menentukan nilai konstanta laju reaksi untuk orde satu (k_1) dan nilai kapasitas ekstraksi (C_s). Untuk persamaan kinetika orde dua, persamaan laju reaksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a^2 \quad (4)$$

Dimana k_2 (min^{-1}) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua. Dengan melakukan pengelompokan variabel pada persamaan (4) didapatkan :

$$-\int_{C_{a0}}^{C_a} \frac{dC_a}{C_a^2} = \int k dt \quad (5)$$

Selanjutnya persamaan (8) dapat diperoleh dengan cara mengintegrasikan persamaan (5) menggunakan kondisi batas $C_a = C_{a0}$ pada $t = 0$ dan $C_a = C_a$ pada $t = t$ dan dengan melakukan penataan ulang sebagai berikut:

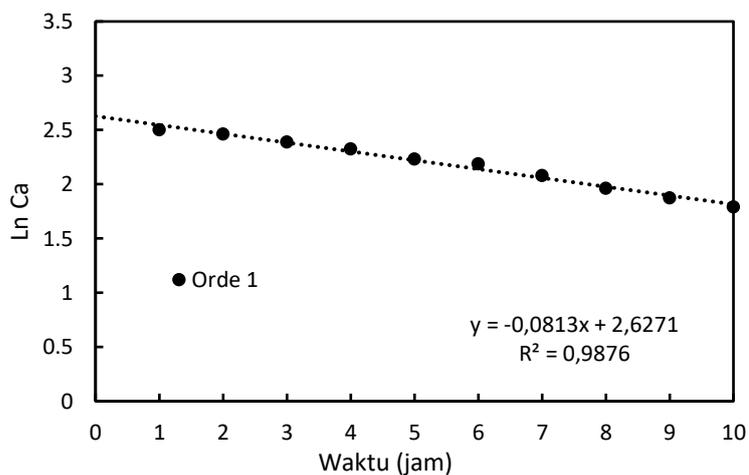
$$\frac{1}{C_a} = kt + \frac{1}{C_{a0}} \quad (6)$$

Dimana C_a adalah kadar gula pada waktu tertentu, C_{a0} adalah kadar gula mula-mula dan k adalah konstanta laju

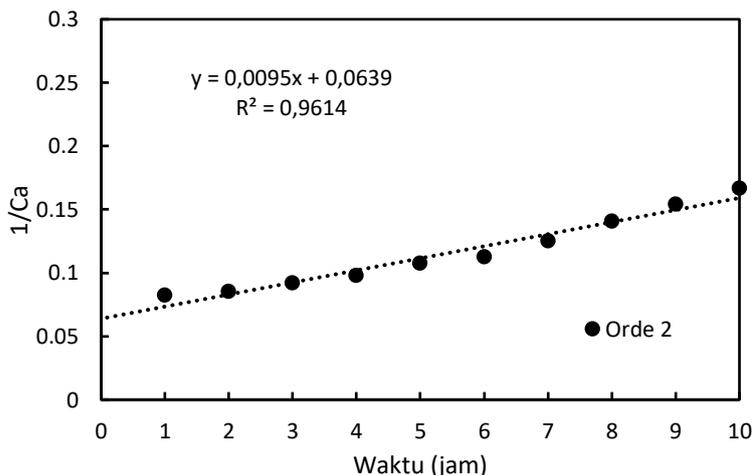
reaksi. Nilai k dan C_{a0} dapat ditentukan dengan plot antara $\left(\frac{1}{C_a}\right)$ dengan t untuk mendapat nilai *slope* dan *interceptnya*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

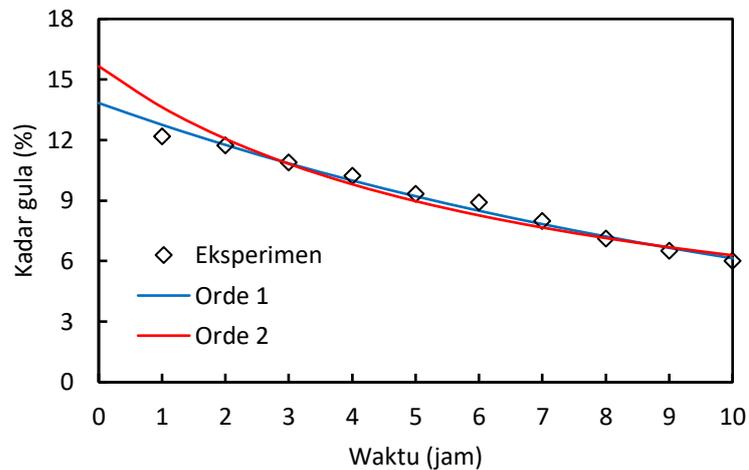
Kinetika reaksi merupakan salah satu analisa yang digunakan untuk menentukan kecepatan reaksi kimia yang berlangsung. Hal ini mengakibatkan kinetika reaksi degradasi kadar gula pada fermentasi alkohol menjadi parameter penting untuk mengukur kecepatan reaksi, mekanisme yang terjadi, dan faktor yang mempengaruhi. Untuk mengetahui kinetika reaksi degradasi kadar gula pada fermentasi alkohol ini digunakan pendekatan persamaan orde 1 dan 2. Penentuan kinetika orde 1 digunakan persamaan (3) dan kinetika orde 2 digunakan persamaan (6). Hasil analisa kinetika degradasi kadar gula pada fermentasi alkohol dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3.



Gambar 1. Model Orde 1 kinetika Degradasi Kadar Gula



Gambar 2. Model Orde 2 kinetika Degradasi Kadar Gula



Gambar 3. Perbandingan Kinetika Degradasi Kadar Gula Model Orde 1 dan Orde 2

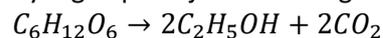
Pada proses fermentasi nira aren, terjadi reaksi perombakan glukosa setiap jam yang ditunjukkan dengan penurunan kadar gula yang mengakibatkan adanya pembentukan alkohol. Semakin besar jumlah mikroba, maka aktivitas metabolisme mikroba yang dilakukan untuk merombak glukosa menjadi alkohol semakin tinggi, sehingga kadar alkohol yang dihasilkan semakin tinggi [4].

Hasil analisa kinetika degradasi kadar gula pada fermentasi alkohol dari nira aren menunjukkan orde 1 lebih sesuai daripada orde 2. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 yang menunjukkan orde 1 menunjukkan *trendline* yang sesuai dengan eksperimen daripada orde 2. Kesesuaian persamaan orde 1 dengan eksperimen dapat dilihat pada gambar 1 dimana nilai r^2 atau nilai regresi yang lebih besar dari orde 2 dan mendekati 1, yakni sebesar 0,9876. Nilai r^2 menunjukkan nilai yang mewakili eksperimen yang sebenarnya dan diperkuat dengan nilai RSME yang kecil yang ditunjukkan pada tabel 1. Nilai RSME yang mendekati 0 menunjukkan selisih antara nilai eksperimen dengan nilai pendekatan sangat kecil. Nilai k yang dihasilkan dari persamaan orde 1 adalah 0,0813 dan C_{a0} yang didapatkan adalah 13,8225 yang mendekati nilai C_{a0} eksperimen yakni sebesar 12,17% [7,9,11].

Tabel 1. Konstanta Laju Reaksi Degradasi Kadar Gula Orde 1 dan Orde 2

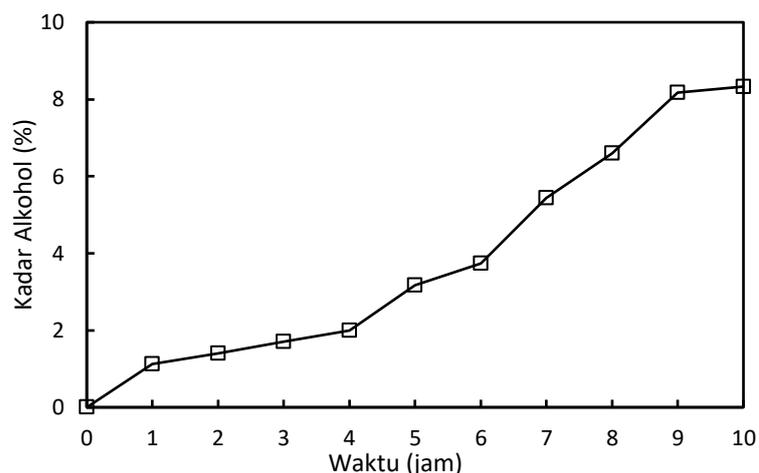
	Model Kinetika		
	Orde 1	Orde 2	
<i>Slope</i>	-0,0813	<i>Slope</i>	0,0095
k_1 (jam ⁻¹)	0,0813	k_1 (jam ⁻¹)	0,0095
<i>Intercept</i>	2,6271	<i>Intercept</i>	0,0639
C_{a0} (%)	13,8225	C_{a0} (%)	15,6563
R^2	0,9876	R^2	0,9614
RSME	0,2570	RSME	0,5653

Hasil analisa kinetika orde 1 menunjukkan bahwa mekanisme reaksi yang terjadi dipengaruhi oleh satu faktor yang dominan [9]. Dalam proses fermentasi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh banyaknya gula yang dikonsumsi oleh mikroba yang diubah menjadi etanol yang dapat dijelaskan dengan reaksi sebagai berikut:



Produk yang dihasilkan dari reaksi fermentasi adalah alkohol sebagai produk utama dan karbondioksida sebagai produk samping [2,6]. Pada gambar 4 menunjukkan bahwa adanya pembentukan alkohol tiap jam yang dihasilkan dan seiring waktu alkoholnya semakin meningkat. Pada jam ke-0 hingga jam ke-4 mengalami kenaikan kadar alkohol walaupun tidak signifikan. Hal ini dikarenakan pada tahap ini masih terjadi fase pertumbuhan jumlah mikroba dimana mikroba baru saja dipindahkan ke lingkungan baru mengalami adaptasi. Pada jam ke-4 hingga jam ke-9 menunjukkan adanya peningkatan kadar alkohol yang signifikan. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas

metabolisme mikroba yang tinggi sehingga membuat reaksi fermentasi alkohol meningkat. Sehingga kadar alkohol yang dihasilkan pada fase ini mengalami peningkatan tajam. Sedangkan pada jam ke-9 hingga ke-10 terdapat peningkatan kadar tetapi tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan pada fase ini mikroba banyak mengalami kematian sehingga membuat produksi kadar alkohol cenderung stagnan [8].



Gambar 4. Kadar Alkohol Fermentasi per Jam

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan kinetika degradasi kadar gula untuk proses fermentasi, didapatkan hasil analisa yang menyatakan bahwa model kinetika yang sesuai orde 1. Hal ini dapat dilihat dari nilai r^2 pada orde 1 mendekati 1 yang sebesar 0,9876 dan lebih tinggi dari orde 2 yang sebesar 0,9614. Nilai k yang didapat pada orde 1 adalah 0,0813 dan C_{a0} hasil perhitungan sebesar 13,8225. Nilai C_{a0} ini memiliki nilai yang mendekati kondisi konsentrasi awal sebenarnya yakni 12.17%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Albinasari, D., & Hardiansyah, G. (2023). Pemanfaatan Nira Aren untuk Bahan Baku Gula Aren sebagai Sumber Pendapatan Masyarakat di Desa Kumpang Tengah Kabupaten Landak. *Jurnal Hutan Lestari*, 11(2), 541–551.
- [2] Kianto Atmodjo, P. (2017). Optimalisasi Gula Cair dan pH Medium untuk Fermentasi Alkohol dari Jus Curucuma xanthorhiza The Optimization of Liquid Sugar and pH Medium for Alcohol Fermentation of Curucuma xanthorhiza Juice. *Biota*, 2(3), 97–104.
- [3] Moede, F. H., Gonggo, S. T., & Ratman. (2017). Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Ubi Jalar Kuning (*Ipomea batata* L). *Jurnal Akademika Kimia*, 6(2), 86–91.
- [4] Puji Astuti, F., Syenni Datu, O., & Ekawati Tallei, T. (2020). Pengaruh Penambahan Asam Bezoat terhadap Pertumbuhan Ragi dan Kadar Alkohol pada Fermentasi Kulit Nanas (*Ananas comosus* L.) Lokal. *Pharmacon*, 9(3), 432–442.
- [5] Qodim, A. (2022). KINETIKA EKSTRAKSI LAWSONIA INERMIS L. MENGGUNAKAN ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION DENGAN PELARUT AIR. In *JTKM* (Vol. 1, Issue 2).
- [6] Setiawati, L., Rizqiati, H., & Susanti, D. S. (2019). Analisis Rendemen, Kadar Alkohol, Nilai pH dan Total BAL pada Kefir Whey Susu Kambing dengan Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 142–146. www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tekpangan.
- [7] Setyorini, D., Arninda, A., Syafaatullah, A. Q., & Panjaitan, R. (2023). Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat. *Eksergi*, 20(3), 149. <https://doi.org/10.31315/e.v20i3.10835>
- [8] Smith, R., & Johnson, K. (2019). Microbial Growth in Food Processing Environments. *Food Microbiology*, 78,

1–12.

- [9] Syafaatullah, A. Q., Setyorini, D., Ganing, M., Panjaitan, R., & Azizah, N. (2023). Optimization and Kinetics Extraction of Natural Dyes from Henna Leaves (*Lawsonia inermis* L.) with Ultrasonic Assistance. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 26(9), 324–331. <https://doi.org/10.14710/jksa.26.9.324-331>
- [10] Tryadi Sinaga, O., Fevria, R., Chatri, M., Biologi FMIPA, jurusan, Negeri Padang, U., Hamka, J., Tawar Barat, A., Padang Utara, K., & Padang, K. (2021). Pengaruh Suhu Terhadap Waktu Fermentasi Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr.) SYMBIOTIC: Journal of Biological Education and Science. *Journal of Biological Education*, 2(1).
- [11] Variyana, Y., Rezki, A. S., Ermaya, D., & Mahfud, M. (2023). Ekstraksi Minyak Nabati dari Biji Kemiri (*Aleurites Moluccana* L. Willd.) dengan Metode Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG). *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(1), 7–16.