



Perbandingan Model Kinetika Hidrolisa Enzimatis Sabut Kelapa

Rudy Agustriyanto*, dan Akbarningrum Fatmawati

Program Studi Teknik Kimia, FT, Universitas Surabaya, Surabaya
Jl. Raya Kalirungkut Surabaya

E-mail: rudy.agustriyanto@staff.ubaya.ac.id

Abstract

This article will show a comparison of the reaction kinetics model of enzymatic batch hydrolysis of coconut coir. This reaction is required as one of the stages in the conversion process of lignocellulosic biomass into alternative fuels. Kinetics model plays an important role in explaining the performance and characteristics of the process. Kinetics model can easily be used to control and predict the properties of the process. Kinetics data was obtained from laboratory experiments enzymatic hydrolysis reaction batch of coconut coir by pretreatment using dilute NaOH solution. Profile data will be modeled by first order dynamic model and the results will be compared to power model.

Keywords: Model, kinetic, hydrolysis, coconut coir, alkaline pretreatment

Pendahuluan

Penelitian untuk mencari energi alternatif sangat dibutuhkan karena menipisnya cadangan dan masalah lingkungan. Bioenergi dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku. Biomassa lignoselulosa dipandang sebagai bahan baku potensial karena banyak tersedia dan harganya murah, namun produksi komersial bahan bakar bioetanol skala besar dari biomassa lignoselulosa belum diimplementasikan (Balat, 2011). Pemanfaatan sabut kelapa untuk sumber energi terbarukan belum banyak dilakukan. Karena melimpah dan mudah didapat di Indonesia, limbah sabut kelapa sangat berpotensi untuk sumber energi dan perlu untuk diteliti. Proses hidrolisa sabut kelapa dan fermentasi hidrolisatnya perlu untuk dipelajari untuk mendapatkan konversi dan yield yang tinggi dan proses yang ekonomis sehingga dapat dihasilkan harga bahan bakar yang terjangkau, proses yang lebih bersih dan kondisi lingkungan yang lebih baik.

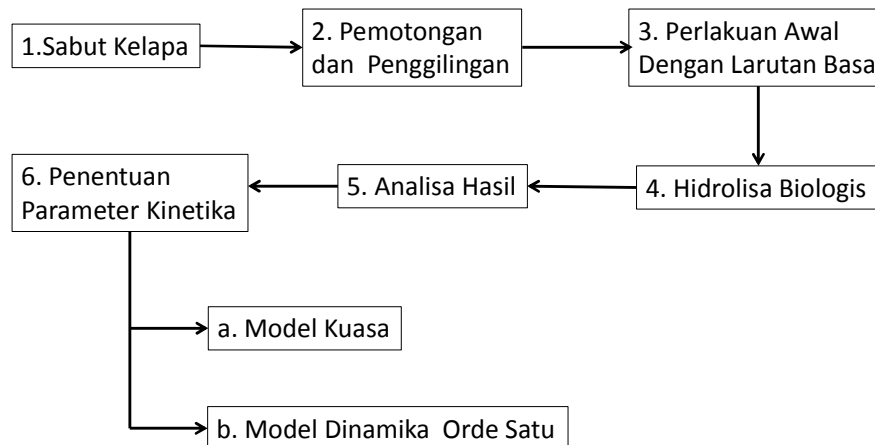
Studi pendahuluan yang telah dilakukan diantaranya adalah hidrolisa enzimatis dengan perlakuan awal menggunakan larutan basa (Fatmawati dkk, 2013) dan dengan perlakuan awal menggunakan asam (Agustriyanto dkk, 2012). Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa delignifikasi sabut kelapa oleh NaOH encer cukup efektif menurunkan kandungan lignin dan meningkatkan kandungan selulosa pada sabut kelapa. Kenaikan suhu dan konsentrasi NaOH akan meningkatkan jumlah lignin yang dihilangkan sehingga meningkatkan hasil gula reduksi. Kondisi terbaik delignifikasi diperoleh pada konsentrasi 11% dengan suhu 100°C. Adapun kondisi terbaik untuk hidrolisa enzimatis diperoleh pada 50°C dan pH 4. Perlakuan asam pada berbagai suhu dan konsentrasi asam sulfat yang digunakan menyebabkan perubahan signifikan pada kadar lignin, hemiselulosa dan selulosa. Kondisi operasi terbaik untuk delignifikasi dengan asam sulfat diperoleh pada suhu 100°C dengan konsentrasi 1,5%. Sedangkan kondisi terbaik untuk hidrolisa enzimatis juga diperoleh pada 50°C dan pH 4.

Agustriyanto dan Fatmawati (2014) melakukan pemodelan batch hidrolisa enzimatis sabut kelapa dengan perlakuan awal larutan basa dengan menggunakan model kuasa. Beberapa penelitian mengenai model kinetika dan parameter kinetika dari reaksi hidrolisa lignoselulosa untuk berbagai bahan juga telah dilakukan sebelumnya (Gan dkk., 2003; Carillo dkk., 2005; Dwyer dkk., 2007; Yeh dkk., 2010; Bin dan Hongzhang, 2010; Ye dan Berson, 2011; Wang dkk., 2012; Li dkk., 2012; Cekmecelioglu dkk., 2013). Penelitian ini akan membandingkan model kuasa dengan model dinamika orde satu (Cekmecelioglu dkk., 2013).

Metodologi

Alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Alur penelitian

Sabut Kelapa

Sabut kelapa dicuci kemudian dijemur di bawah sinar matahari sampai kering.

Pemotongan dan Penggilingan

Sabut kelapa kering dipotong kemudian digiling dengan disc mill. Hasil gilingan diayak sampai lolos 200 mesh.

Perlakuan Awal dengan Larutan Basa

Dilakukan perlakuan awal dengan larutan NaOH 11% dalam autoclave pada 121°C selama 1 jam. Konsentrasi padatan adalah 7,5% w/v. Kemudian partikel dicuci dan disaring sampai pH filtrat netral. Sabut kelapa kemudian dioven sampai kering dan siap untuk dihidrolisa.

Hidrolisa Biologis

Dilakukan variasi 0,1; 0,2; 0,4; 1 dan 2 gram sabut kelapa dan 0,66 mL enzim (0,33 mL Celluclast dan 0,33 mL Novozyme 188) dalam volume total 100 mL. pH awal dibuat 4,8 dengan buffer sitrat. Untuk menghindari kontaminasi mikroorganisme, ditambahkan antibiotik 40 µg/mL tetracycline. Selanjutnya campuran diinkubasi 3 hari pada suhu 50°C di inkubator shaker dengan kecepatan putar 150 rpm. Percobaan ini dilakukan tiga kali (triplikasi).

Reaksi enzimatik dihentikan dengan pemanasan pada 100°C selama 5 menit. Kemudian dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring. Filtratnya digunakan untuk analisa gula pereduksi.

Analisa Hasil

Metode DNS digunakan untuk analisa gula pereduksi.

Penentuan Parameter Kinetika

Akan dibandingkan hasil pemodelan dengan model kuasa terhadap model dinamika orde satu.

a. Model Kuasa

Model kuasa sederhana berikut ini digunakan untuk pencocokan kurva dari produk yang dihasilkan sebagai fungsi waktu reaksi (Agustriyanto dan Fatmawati, 2014):

$$P = a \times t^b \quad (1)$$

Dimana P adalah konsentrasi gula pereduksi yang diperoleh (mg/L), t adalah waktu reaksi (jam), sedangkan a dan b adalah parameter empiris.

b. Model Dinamika Orde Satu

Cekmecelioglu dan Uncu (2013) menggunakan persamaan dinamika orde satu untuk menghitung laju produksi glukosa dalam hidrolisa enzimatik:

$$C = C_m (1 - e^{-kt}) \quad (2)$$

Dimana C adalah perubahan konsentrasi glukosa (mg/L) terhadap konsentrasi glukosa mula-mula (yaitu $C(t) - C_0$); C_m adalah glukosa maksimum yang terakumulasi pada waktu tak hingga, k adalah konstanta laju produksi glukosa (jam^{-1}).

Hasil dan Pembahasan

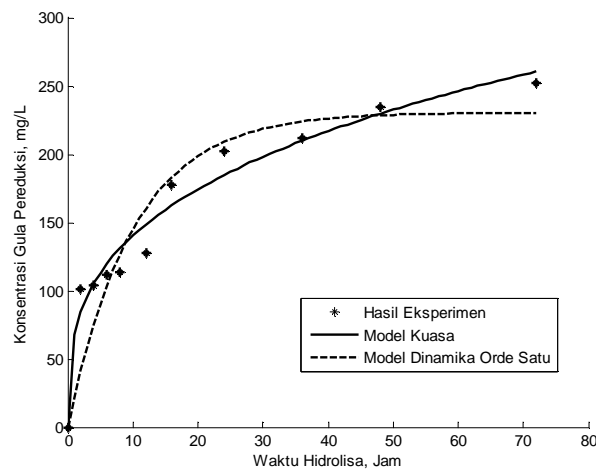
Tabel 1 dan 2 menunjukkan parameter pencocokan kurva hasil hidrolisa dengan menggunakan model kuasa dan model dinamika orde satu. Sedangkan Gambar 2 s.d 6 menunjukkan perbandingan hasil model kuasa terhadap model dinamika orde satu untuk tiap konsentrasi substrat. Data asli juga ditampilkan pada gambar tersebut.

Tabel 1. Parameter Pencocokan Kurva Menggunakan Model Kuasa

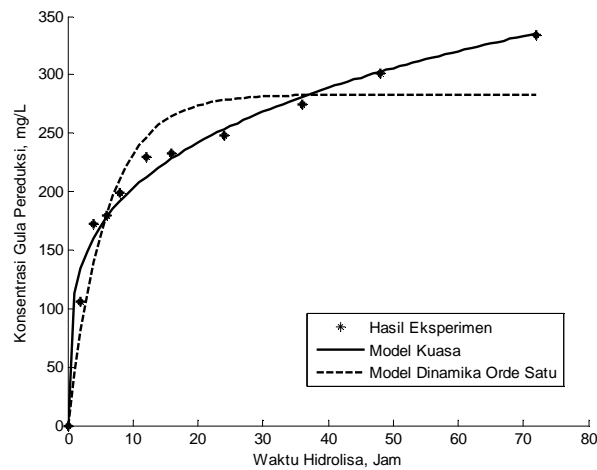
Konsentrasi Substrat (g/100 mL)	a	b	R^2
0,1	68,17	0,3137	0,9447
0,2	112,8	0,2549	0,9656
0,4	361,9	0,2206	0,9720
1	582,5	0,1180	0,9140
2	738,7	0,06981	0,8941

Tabel 2. Parameter Pencocokan Kurva Menggunakan Model Dinamika Orde Satu

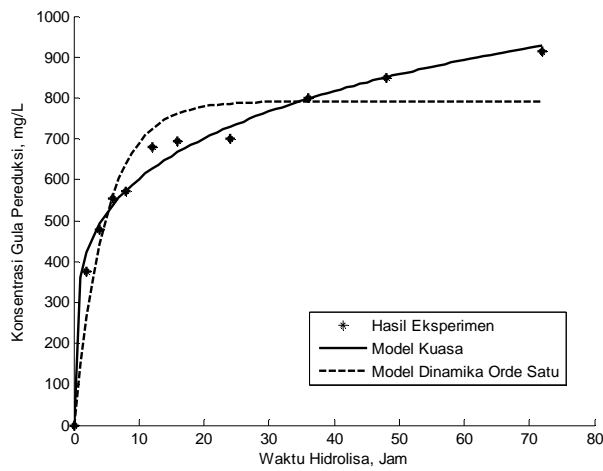
Konsentrasi Substrat (g/100 mL)	C_m	k	τ	R^2
0,1	230,5	0,09904		0,8830
0,2	283,3	0,16980		0,9209
0,4	791,6	0,20450		0,9231
1	854,3	0,45330		0,9592
2	904,6	0,95310		0,9520



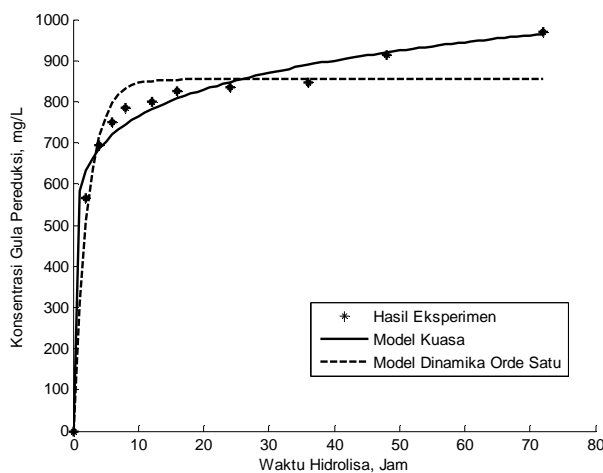
Gambar 2. Hasil percobaan untuk konsentrasi substrat 0,1 g/100mL



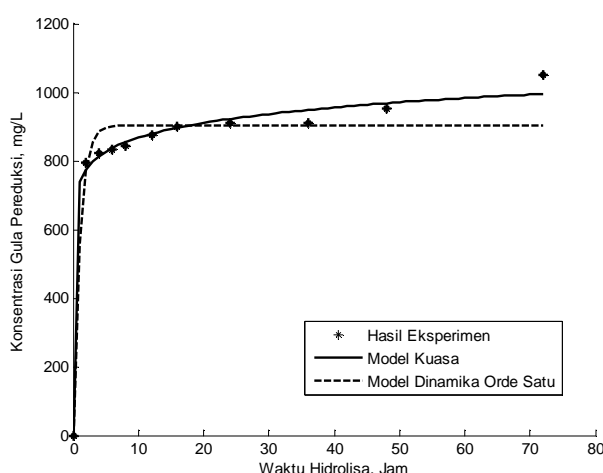
Gambar 3. Hasil percobaan untuk konsentrasi substrat 0,2 g/100mL



Gambar 4. Hasil percobaan untuk konsentrasi substrat 0,4 g/100mL



Gambar 5. Hasil percobaan untuk konsentrasi substrat 1 g/100mL



Gambar 6. Hasil percobaan untuk konsentrasi substrat 2 g/100mL

Kesimpulan

Studi kinetika hidrolisa enzimatis sabut kelapa dengan perlakuan awal menggunakan larutan basa telah dilakukan dengan variasi 0,1; 0,2; 0,4; 1 dan 2 gram sabut kelapa dan 0,66 mL enzim (0,33 mL Celluclast dan 0,33 mL Novozyme 188) dalam volume total 100 mL. Kemudian dilakukan perbandingan antara model kuasa dengan model dinamika orde satu untuk konsentrasi gula pereduksi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model kuasa lebih disukai daripada model dinamika orde satu yang ditunjukkan dengan lebih tingginya nilai R^2 untuk sebagian besar hasil percobaan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI dan Universitas Surabaya atas pendanaan penelitian ini melalui Hibah Fundamental dengan nomor kontrak 002/Lit/LPPM/Dikti/FT/IV/2014.

Daftar Pustaka

- Agustriyanto, R., Fatmawati, A., Liasari, Y., 2012, Study of Enzymatic Hydrolysis of Dilute Acid Pretreated Coconut Husk, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 7 (2), 137-141.
- Agustriyanto, R, Fatmawati, A., 2014, Pemodelan Batch Hidrolisa Enzimatis Sabut Kelapa dengan Pengolahan Awal Larutan Basa, In: *Seminar Nasional Teknoin*, Yogyakarta
- Balat, M., 2011, Production of Bioethanol from Lignocellulosic Materials via the Biochemical Pathway: A Review, *Energy Conversion and Management*, 52, (2) 858-875.
- Bin, Y., Hongzhang, C., 2010, Effect of the Ash on Enzymatic Hydrolysis of Steam-Exploded Rice Straw, *Bioresour Technol*, 101, 9114-9119.
- Carillo, F., Lis, M.J., Colom, X., Lopez-Mesas, M., Valldeperas, J., 2005, Effect of Alkali Pretreatment on Cellulase Hydrolysis of Wheat Straw: Kinetic Study, *Process Biochemistry*, 40, 3360-3364.
- Cekmecelioglu, D., Uncu, O.N., Kinetic Modeling of Enzymatic Hydrolysis of Pretreated Kitchen Wastes for Enhancing Bioethanol Production, *Waste Management*, 33, 735-739.
- Fatmawati, A., Agustriyanto, R., and Liasari, Y., 2013, Enzymatic Hydrolysis of Alkaline Pretreated Coconut Coir, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 8 (1), 34-39.
- Gan, Q., Allen, S.J., Taylor, G., 2003, Kinetic Dynamics in Heterogeneous Enzymatic Hydrolysis of Cellulose: an Overview, an Experimental Study and Mathematical Modeling, *Process Biochemistry*, 38 (7), 1003-1018.



- Li, J., Li, S., Fan, C., Yan, Z., 2012, The Mechanism of Poly(Ethylene Glycol) 4000 Effect on Enzymatic Hydrolysis of Lignocelluloses, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 89, 203-210.
- O'Dwyer, J.P., Zhu, L., Cesar B. Granda, C.B., Holtzapfle, M.T., 2007, Enzymatic Hydrolysis of Lime-Pretreated Corn Stover and Investigation of the HCH-1 Model: Inhibition Pattern, Degree of Inhibition, Validity of Simplified HCH-1 Model, *Bioresource Technology*, 98, 2969-2977.
- Wang, L., Templer, R., Murphy, R.J., 2012, High-Solids Loading Enzymatic Hydrolysis of Waste Papers for Biofuel Production, *Applied Energy*, 99, 23-31.
- Ye, Z., Berson, R.E., 2011, Kinetic Modeling of Cellulose Hydrolysis with First Order Inactivation of Adsorbed Cellulase, *Bioresource Technology*, 102 (24), 11194-11199.
- Yeh A.I., Huang, Y.C., Chen, S.H., 2010, Effect of Particle Size on the Rate of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose, *Carbohydrate Polymers*, 79, 192-199.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Sri Suhenry (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

Notulen : Wibiana W. N. (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : I Gusti S Budiaman (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah dilakukan pretreatment sebelumnya?
Jawaban : Iya, dilakukan pretreatment dengan dilakukan proses hidrolisa yang menghasilkan selulosa yang lebih tinggi kadar gulanya. Hasil selulosa yang tertinggi yang dipakai.
2. Penanya : Rizky (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah basa NaOH yang digunakan bisa diganti dengan basa yang lemah pada keadaan pekat?
Jawaban : Kebanyakan menggunakan basa yang kuat dan konsentrasinya kecil (encer).
3. Penanya : Arenst (Universitas Katolik Parahyangan Bandung)
Pertanyaan : Mengapa menggunakan model Kuasa dan orde 1?
Jawaban : Sudah dilakukan berbagai model ternyata Kuasa dan Orde 1 paling baik dengan melihat nilai R^2 nya

