

Studi Kinetika Dekomposisi Glukosa pada Temperatur Tinggi

Fika Anjana, Widya Rosa Oktaviani, dan Achmad Roesyadi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: aroesyadi@yahoo.com

Abstrak—Glukosa banyak dimanfaatkan untuk proses dekomposisi dan menghasilkan beberapa senyawa anorganik, dalam penelitian ini salah satu produk yang di hasilkan dalam produksi dekomposisi glukosa adalah HMF (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses dekomposisi glukosa pada tekanan dan temperature tinggi dimana tekanan dibuat konstan 10 atm dengan bantuan gas nitrogen sedangkan temperature berkisar antara 140-180 °C. Pengaruh konsentrasi asam sulfat dipelajari untuk mengetahui aspek kinetika. Dari penelitian ini didapat dekomposisi glukosa mengikuti orde satu dengan 5-HMF sebagai produk paling banyak sedangkan harga energi aktivasi didapat paling besar 1426.68 J/mol pada komsemtrasi asam sulfat 0.4 N dan konsentrasi HMF paling banyak didapat pada suhu 180, waktu 40 menit sebesar 0.00949 mol/L dengan konsentrasi asam sulfat sebesar 0.4 N.

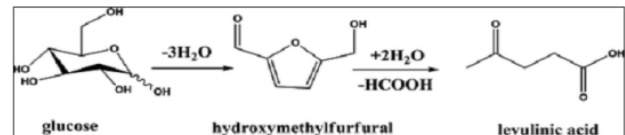
Kata Kunci—Dekomposisi glukosa, hydroxymethyl furfural (HMF), kinetika.

I. PENDAHULUAN

Glukosa merupakan monosakarida yang jumlahnya begitu melimpah di alam. Glukosa banyak dimanfaatkan untuk proses dekomposisi dan menghasilkan beberapa senyawa anorganik, dalam penelitian ini salah satu produk yang di hasilkan dlam produksi dekomposisi glukosa adalah HMF (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde).

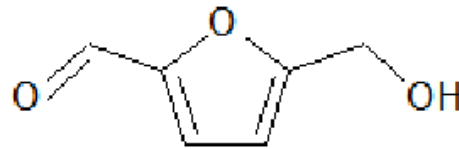
Glukosa adalah salah satu monosakarida sederhana yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Nama lain dari glukosa antara lain dekstrosa. Glukosa rantai terbuka mempunyai enam rantai karbon, dari C1 sampai C6. Pada C1 terdapat gugus fungsi aldehida, sedangkan C yang lain mengikat gugus hidroksi dan atom hidrogen. Gugus hidroksi pada C2, C4, dan C5 harus berada di sebelah kanan, sedangkan gugus hidroksi pada C3 harus di sebelah kiri.

Menurut penelitian Jing, Qi dkk., 2008, Glukosa terdekomposisi menjadi HMF (Hydroxymethylfurfural) melalui bantuan katalis asam yaitu asam sulfat [1]. Ion (H^+) pada asam sulfat akan membantu decomposisi glukosa menjadi HMF dengan konsentrasi asam sulfat yang tinggi. Glukosa lebih cepat terdegradasi di temperature tinggi. Degradasi glukosa pada waktu tinggal yang singkat mengikuti kinetika orde pertama, tapi untuk waktu tinggal yang lama kinetika reaksi orde pertama tidak dapat di aplikasikan.



Gambar 1. Dekomposisi Glukosa Menjadi HMF

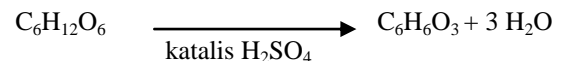
HMF dapat dianggap sebagai molekul platform yang sangat baik yang dapat dikonversi menjadi senyawa peningkat nilai oktan, yakni 2,5-dimethylfuran (DMF), menjadi monomer pemetbuk polimer yang sangat berharga, yakni 2,5-carboxyfuran dan 2,5-hydroxymethylfuran, juga menjadi intermediet untuk senyawa-senyawa kimia yang lain. HMF telah berhasil diproduksi dari heksosa seperti glukosa dan fruktosa, dan bahkan dari selulosa dan lignoselulosa langsung.



Gambar 2. Struktur Molekul HMF

Dalam penelitian ini, dekomposisi glukosa pada temperature tinggi menggunakan katalis asam yaitu asam sulfat. Asam sulfat digunakan karena menghasilkan presentasi HMF yang lebih besar dari asam yang lainnya. Konsentrasi katalis yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi (H^+) dalam larutan sehingga semakin banyak glukosa yang terkonversi menjadi HMF [2].

Untuk menentukan pengaruh suhu terhadap degradasi glukosa dan menentukan konstanta keepatan reaksi laju reaksi (k) dan orde reaksi (n) dipakai model persamaan reaksi sebagai berikut :



Dimana perhitungannya didasarkan pada metode differensial dari persamaan :

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A^n \quad (1)$$

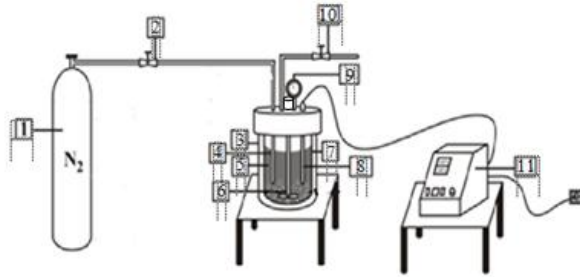
Apabila persamaan di logkan maka akan menjadi :

$$\log\left(-\frac{dC_A}{dt}\right) = \log k + n \log C_A \quad (2)$$

Dengan memplot $\log_{10} \left(-\frac{\Delta C_A}{\Delta t} \right)$ terhadap konsentrasi maka harga k dan n dapat diperkirakan.

II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah glukosa 3%, Asam Sulfat, N₂ dan NaOH. Tekanan percobaan dibuat 10 atm tetap dan temperature bervariasi antara 140-180 °C. percobaan dilakukan dalam suatu alat yang digambarkan seperti gambar berikut :



Gambar 3. Peralatan Reaktor Dekomposisi Glukosa

Keterangan gambar :

1. Tabung gas N₂
2. Valve tube gas N₂
3. Heater
4. Tube reaktor gas N₂
5. Larutan glukosa dan katalis asam sulfat
6. Pengaduk
7. Reaktor
8. Thermocouple
9. Indikator tekanan reaktor
10. Gas outlet valve
11. Panel control heater-reaktor

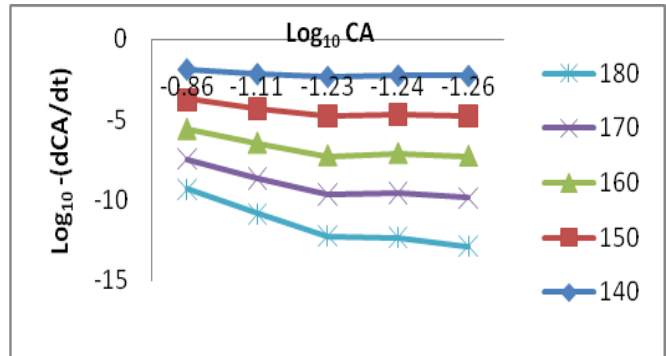
Dengan prosedur sebagai berikut :

Tiga ratus mililiter larutan 3% glukosa masukkan kedalam reaktor kemudian ditambahkan katalis H₂SO₄ pada larutan glukosa dengan berbagai variabel konsentrasi. kemudian reaktor dipanasi pada suhu tertentu dengan tekanan 10 atm. Sampel diambil setiap saat dan produk dianalisa dengan spektrofotomer uv untuk larutan glukosa dan spektrofotometer uv-vis untuk analisa HMF.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pengaruh Konsentrasi terhadap Dekomposisi Glukosa pada beberapa Suhu

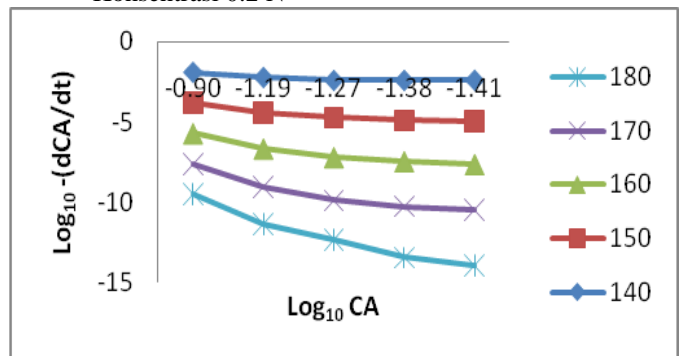
- Konsentrasi 0.4 N



Gambar 4. Grafik antara log₁₀ (-dCA/dt) terhadap log₁₀ C_A pada konsentrasi 0.4 N

Pada Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa Grafik antara log₁₀ (-dCA/dt) terhadap log₁₀ C_A pada konsentrasi CA yang sedang hampir mendekati garis lurus sehingga pada keadaan tersebut dapat di asumsikan bahwa semakin tinggi suhu maka konstanta laju reaksinya juga semakin atau konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan temperature. Harga konstanta reaksi ini sebesar 0.11298 didapatkan pada suhu tertinggi 180 °C.

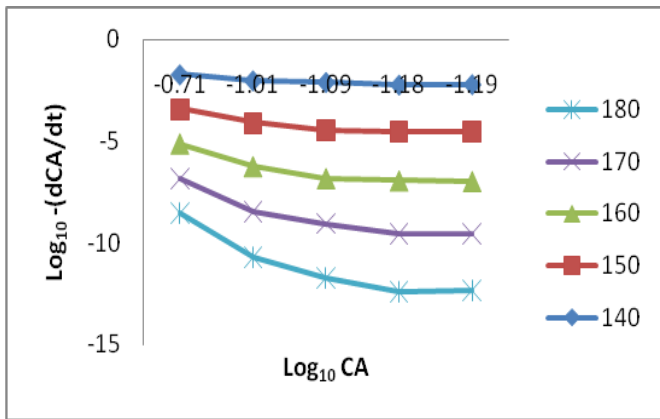
- Konsentrasi 0.2 N



Gambar 5. Grafik antara log₁₀ C_A terhadap log₁₀ (-dCA/dt) pada konsentrasi 0.2 N

Pada Gambar 5 untuk konsentrasi asam sulfat 0.2 N dan variabel percobaan yang sama hasil tidak berbeda dengan hasil sebelumnya yaitu dengan harga konstanta laju reaksi 0.11272 didapat pada suhu tertinggi 180 °C. hasil yang mirip juga didapat pada saat konsentrasi 0.1 N seperti Gambar 6 di bawah ini. Dimana harga konstanta laju reaksi terbesar 0.11272 didapat pada suhu tertinggi 180 °C. bila semua data dari Gambar-gambar tersebut di tabelkan akan di dapat harga masing-masing k (konstanta kecepatan reaksi) dan n (orde reaksi) seperti pada Tabel 1.

- Konsentrasi 0.1 N



Gambar 6. Grafik antara $\log_{10} C_A$ terhadap $\log_{10} (-dC_A/dt)$ pada konsentrasi 0.1 N

Harga konstanta laju reaksi dapat di tentukan dari intersept pada grafik $\log_{10} C_A$ terhadap $\log_{10} (-dC_A/dt)$. Pada Gambar 6 untuk suhu tertinggi 180°C harga konstanta laju reaksi sebesar 0.11272 sedangkan suhu terendah 140°C harga konstanta laju reaksi sebesar 0.10739. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi semakin besar konstanta laju reaksinya. Sehingga harga konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan temperature.

Dari hasil tersebut dapat di simpulkan bahwa harga konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan temperarur. Sehingga semakin tinggi temperature, semakin besar pula konstanta laju reaksinya sesuai dengan persamaan Arrhenius.

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat pada Beberapa Suhu

Konsentrasi H ₂ SO ₄	Suhu (°C)	k	N
0.4 N	140	0.10889	1.053
	150	0.10914	1.065
	160	0.11092	1.076
	170	0.11117	1.046
	180	0.11298	1.058
0.2 N	140	0.10789	1.037
	150	0.10914	1.041
	160	0.1099	1.035
	170	0.11066	1.081
	180	0.11272	1.033
0.1 N	140	0.1074	1.038
	150	0.10765	1.08
	160	0.10965	1.084
	170	0.11092	1.053
	180	0.11272	1.093

Perhitungan Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah suatu energi minimum yang dibutuhkan agar reaksi kimia tertentu dapat terjadi. Energi aktivasi berpengaruh pada rate reaksi (cepat atau lambat reaksi berlangsung). Energi aktivasi ini di hitung dari, membuat grafik antara $\ln k$ vs $1/T$ menurut persamaan Arhenius dan hasilnya ditabelkan sebagai Tabel 2 berikut:

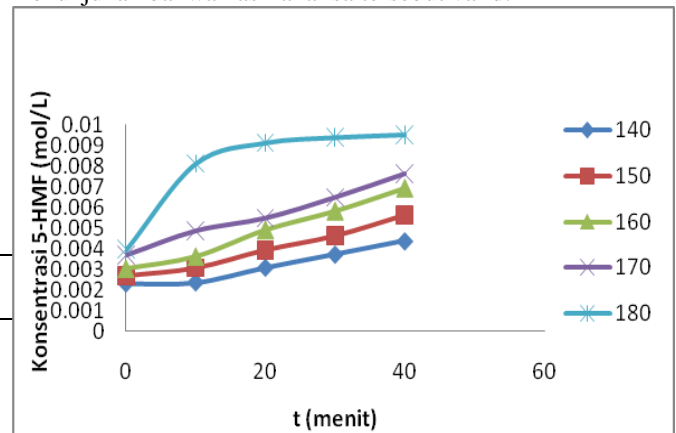
Tabel 2. Energi aktivasi tiap konsentrasi katalis

Konsetrasi katalis H ₂ SO ₄	Ea (J/mol)
0.4 N	1426.6824
0.2 N	1569.6832
0.1 N	1961.2726

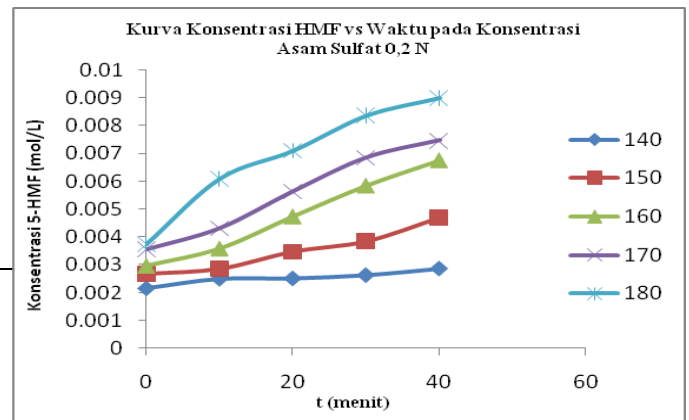
Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis, nilai energi aktivasi semakin menurun. Hal ini sesuai dengan levenspile (1999) yang menyebutkan bahwa laju reaksi dan energi aktivasi berbanding terbalik sehingga semakin besar konsentrasi katalis, reaksi dekomposisi glukosa semakin mudah dan ditandai dengan energi aktivasi yang semakin menurun [3].

Produk 5-HMF yang Teranalisa

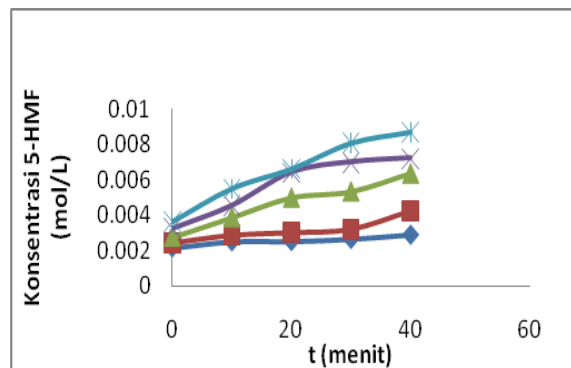
Analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Laboratorium mekanika fluida pada panjang gelombang 284 nm di dapatkan konsentrasi 5-HMF pada beberapa percobaan sebagai berikut. Pada konsentrasi katalis 0.4 N suhu 180°C waktu reaksi 40 menit sebesar 0.00949 mol/L. Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisa tersebut valid.



Gambar 7. Grafik pengaruh waktu (menit) terhadap pembentukan 5-HMF pada konsentrasi H₂SO₄ 0.4 N



Gambar 8. Grafik pengaruh waktu (menit) terhadap pembentukan 5-HMF pada konsentrasi H₂SO₄ 0.2 N



Gambar 9. Grafik pengaruh waktu (menit) terhadap pembentukan 5-HMF pada konsentrasi H_2SO_4 0.1 N

Dari data yang telah diplotkan seperti Gambar 7, 8 dan 9 dapat dilihat bahwa semakin besar suhu dan waktu reaksi, konsentrasi 5-HMF semakin besar. Harga konsentrasi 5-HMF merupakan berbanding lurus terhadap suhu dan waktu reaksi, oleh karena itu adanya kenaikan suhu reaksi dan waktu reaksi mengakibatkan harga konsentrasi 5-HMF menjadi semakin besar. Hal ini sesuai dengan McKibbin (1962) yang menyebutkan bahwa konsentrasi 5-HMF akan semakin besar ketika suhunya juga semakin besar [4].

II. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi H_2SO_4 , konstanta laju reaksi bertambah besar, sehingga rate dekomposisi glukosa meningkat. Semakin besar suhu reaksi, rate pembentukan 5-HMF semakin meningkat, dengan persamaan reaksi kimia menurut orde 1 $k=C_A^{-1}$ dimana harga k nya bervariasi terhadap suhu. Dari penelitian ini juga didapat energi aktivasi (E_a) untuk konsentrasi H_2SO_4 0.4 N = 1426.6824 J/mol, untuk konsentrasi H_2SO_4 0.2 N = 1569.6832 J/mol, untuk konsentrasi H_2SO_4 0.1 N = 1961.2726 J/mol. Konsentrasi 5-HMF yang paling besar dihasilkan pada konsentrasi katalis H_2SO_4 0.4 N pada suhu $180^\circ C$ $t = 40$ menit sebesar 0.00949 mol/L. Nilai laju pengurangan glukosa tidak sama dengan nilai laju pembentukan HMF hal itu dapat diindikasikan bahwa HMF bukan merupakan satu-satunya hasil dari dekomposisi glukosa akan tetapi ada senyawa lain yang terbentuk pada proses dekomposisi glukosa tersebut tapi ada senyawa lain yang terbentuk pada dekomposisi glukosa tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis F.A. dan W.R.O. mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Jurusan Teknik Kimia-FTI ITS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Qi, J., and Xiuyang, L., (2008). Kinetics of non-catalyzed decomposition of glucose in high-temperature liquid water. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16,6.
- [2] Smith, P.C., Grethlein, H.E., Converse, A.O. (1981). Glucose decomposition at high temperature, mild acid, and short residence time. *Solar Energy*, 28,p 41-48.
- [3] Levenspiel, O., (1999). *Chemical Reaction Engineering 3th*, Oregon State University, John Willey and Sons, Inc., New York, pp 65-66
- [4] McKibbin, S.W., Harris, J.F., Saeman, J.F., and Neil, W.K. (1962). Kinetics of the acid-catalyzed conversion of glucose to 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde and levulanic acid. *Forest Product Journal*, 12:17.