

PENGARUH KONSENTRASI KATALIS ASAM DAN KECEPATAN PENGADUKAN PADA HIDROLISIS SELULOSA DARI AMPAS BATANG SORGUM MANIS

Enny Kriswiyanti Artati*, Fitri Wulandari, Riski Nalendra Sukma
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami no. 36 A, Surakarta 57126 Telp/fax: 0271-632112

*Email : Enny91@yahoo.com

Abstract : Sweet sorghum stem residues contains high enough cellulose (36.92%) so it can be hydrolyzed to glucose. In this research, hydrolysis of cellulose is carried out using hydrochloric acid catalyst. This research aims to determine the effect of acid catalyst concentration and agitation speed on the resulting reduction of glucose levels and determine the reaction rate constant of hydrolysis of sweet sorghum stem residues. The observed variables were the concentration of hydrochloric acid catalyst (0.5 N, 1 N, 1.5 N, 2 N) and the agitation speed (150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm). Glucose samples were analyzed by using the Lane-Eynon method. Data analysis showed the higher concentration of hydrochloric acid (HCl) and the agitation speed, the levels of reduced glucose that is formed is also higher. In this study by assuming a first order reaction, the reaction rate constants obtained at variable concentrations of hydrochloric acid catalyst ranged from 0.0010 to 0.0033 / minute and at agitation speeds variable ranged from 0.0023 to 0.0030 / minute.

Keywords : sweet sorghum stem residues, hydrochloric acid, hydrolysis, cellulose

PENDAHULUAN

Etanol saat ini yang diproduksi umumnya berasal dari etanol generasi pertama, yaitu etanol yang dibuat dari gula (tebu, molases) atau pati-patian (jagung, singkong, dll). Arah pengembangan bioetanol mulai berubah ke arah pengembangan bioetanol ke arah generasi kedua, yaitu bioetanol dari biomassa lignoselulosa. Ampas batang sorgum manis merupakan biomassa berlignoselulosa dari proses pengolahan sorgum manis menjadi etanol, yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai tambah (*added value*).

Hampir semua bagian dari tanaman sorgum manis (nira, biji dan ampas batang) dapat dikonversi menjadi bioetanol. Namun, pada penelitian ini yang dilakukan adalah hidrolisis ampas batang sorgum manis untuk menghasilkan glukosa sebagai bahan baku produksi bioetanol, karena sebelumnya ampas batang sorgum manis hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler. Selain itu, bagian-bagian lain dapat digunakan sebagai bahan makanan manusia dan pakan ternak.

Ampas batang sorgum manis mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi, yaitu 36,92%. Selulosa dapat digunakan untuk membuat etanol dengan cara hidrolisis dan fermentasi. Hidrolisis pada selulosa ada beberapa cara antara lain hidrolisis enzimatik, hidrolisis asam encer, dan hidrolisis asam pekat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis asam klorida dan kecepatan pengadukan untuk hidrolisis selulosa ampas batang sorgum manis terhadap kadar glukosa reduksi yang dihasilkan serta mencari data kinetik atau tetapan kecepatan reaksinya.

LANDASAN TEORI

Komposisi ampas batang sorgum manis dalam persen berat kering dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel 1. Komposisi Ampas Batang Sorgum Manis (Almodares, 2009)

| Komposisi | % Berat Kering |
|--------------|----------------|
| Selulosa | 36,92 |
| Hemiselulosa | 25,88 |
| Lignin | 18,53 |
| Gula | 11,74 |
| Lainnya | 6,93 |

Selulosa merupakan penyusun utama kayu berupa polimer alami yang panjang dan linier terdiri dari residu -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida pada posisi C1 dan C4. selulosa mempunyai sifat antara lain berwarna putih, berserat, tidak larut dalam air dan pelarut organik serta mempunyai kuat tarik yang tinggi.

Berdasarkan sifat kelarutannya dalam alkali, selulosa dibagi menjadi tiga macam yaitu :

1. Selulosa, merupakan selulosa yang tidak larut dalam larutan 17%-18% NaOH.
2. Selulosa, merupakan selulosa yang larut dalam larutan NaOH 17%-18%.
3. Selulosa, merupakan jenis selulosa yang larut dalam NaOH 17%-18%.

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Ada beberapa hidrolisis yaitu:

1. Hidrolisis murni, sebagai reaktan hanya air.
2. Hidrolisis dengan larutan asam, bisa berupa asam encer atau pekat.
3. Hidrolisis dengan basa, bisa berupa basa encer atau pekat.
4. Hidrolisis dengan menggunakan enzim.

Zat – zat penghidrolisis:

1. Air, kelemahan zat penghidrolisis ini adalah prosesnya lambat kurang sempurna dan hasilnya kurang baik. Biasanya ditambahkan katalisator dalam industri.
2. Asam, biasanya berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air dari kadar asam yang encer. Umumnya kecepatan reaksi sebanding dengan ion H^+ tetapi pada konsentrasi yang tinggi hubungannya tidak terlihat lagi. Di dalam industri asam yang dipakai adalah H_2SO_4 , HCl , $H_2C_2O_4$ jarang dipakai karena harganya mahal.
3. Basa, yang dipakai adalah basa encer, basa pekat dan basa padat. Reaksi bentuk padat sama dengan reaksi bentuk cair. Hanya reaksinya lebih sempurna atau lebih reaktif dan hanya digunakan untuk maksud tertentu, misalnya proses peleburan benzen menjadi fenol.
4. Enzim, adalah suatu zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme, biasanya digunakan sebagai katalisator pada proses hidrolisis. Penggunaan dalam industri misalnya pembuatan alkohol dari tetes tebu oleh enzim. (Groggins,1958)

Proses hidrolisis dengan menggunakan asam dipengaruhi oleh ukuran bahan, konsentrasi asam, rasio bahan, suhu, waktu dan kecepatan pengadukan.

1. Ukuran bahan, semakin halus ukuran bahan permukaan bidang kontak akan semakin luas sehingga kecepatan reaksi akan bertambah cepat dan akan memperbesar konversi reaksi.
2. Rasio Bahan, semakin besar maka konsentrasi glukosa hasil hidrolisis semakin banyak pula. Karena dengan semakin besar

rasio bahan semakin besar pula bahan yang bereaksi dengan larutan sehingga dihasilkan pula hasil yang semakin banyak

3. Waktu, semakin lama akan memperbanyak jumlah tumbukan zat-zat pereaksi sehingga molekul-molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak hasil yang terbentuk.

(Supranto, 1998)

4. Konsentrasi Asam, laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi. Meskipun konsentrasi asam yang tinggi dapat menambah laju hidrolisis, konsentrasi asam yang tinggi juga akan mengakibatkan terikatnya material pengotor seperti SiO_2 , fosfat, dan garam Ca, Mg, K, Na, maka perlu perbandingan yang sesuai antara bahan yang akan dihidrolisis dengan konsentrasi asam yang ditambahkan.

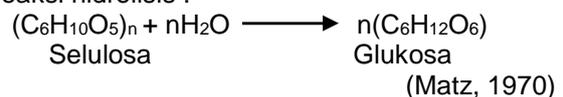
(Kerr,1950)

5. Suhu, dari kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi semakin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi, kalau proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang.

(Kirk, 1998)

6. Pengadukan, berkaitan dengan faktor frekuensi tumbukan (A) pada persamaan Arrhenius sehingga dengan adanya pengadukan maka kecepatan reaksi akan meningkat.

Reaksi hidrolisis :



Dari persamaan reaksi hidrolisis di atas bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatan reaksi adalah :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B^n \quad \dots\dots\dots(1)$$

Karena konsentrasi B sangat besar, maka konsentrasi B dapat dianggap bernilai konstan untuk setiap nilai n. Maka persamaan (3) menjadi :

$$-r_A = k' \cdot C_A \quad \text{dengan } k' = k \cdot C_B^n$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k' \cdot C_A \quad \dots\dots\dots(2)$$

karena $C_A = C_{A0} (1-x)$ maka persamaan (2) menjadi :

$$-\frac{dC_{A0}(1-x)}{dt} = k' \cdot C_{A0} \cdot (1-x)$$

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)} = k' \cdot dt \quad \dots\dots\dots(3)$$

Jika diintegrasikan dengan batasan $t = 0, x = 0$ dan $t = t, x = x$, maka persamaan (3) menjadi:

$$-\ln(1-x) = k' \cdot t + C \quad \dots\dots\dots(4)$$

(Levenspiel, 1999)

Persamaan (4) menunjukkan hubungan antara konversi reaksi dengan waktu. Dengan x adalah konversi reaksi yang menyatakan perbandingan jumlah selulosa yang bereaksi dengan jumlah selulosa mula-mula, dan C adalah suatu konstanta.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas batang sorgum manis, asam klorida, indikator *methylene blue*, aquadest, larutan NaOH, fehling A dan fehling B.

Alat utama yang digunakan adalah labu leher tiga, motor pengaduk, pengaduk merkuri, pemanas mantel, pendingin balik, erlenmeyer, termometer dan oven listrik.

Cara penelitian

Ampas batang sorgum manis sebanyak 10 gram dihaluskan, kemudian dikeringkan dengan oven sampai kadar air maksimal 10%. Selanjutnya dihidrolisis dengan katalis asam klorida pada suhu tetap $\pm 100^\circ\text{C}$ selama 150 menit. Glukosa hasil hidrolisis kemudian dianalisis dengan cara dititrasi dengan menambahkan fehling A, fehling B dan methylene blue. Hasil titrasi akan dicari gula pereduksinya dari tabel Lane-Eynon untuk kemudian dapat dihitung konversi.

Cara ini dilakukan untuk berbagai variasi konsentrasi katalis HCl (0,5 N ; 1 N ; 1,5 N ; 2 N) dan kecepatan pengadukan (150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm).

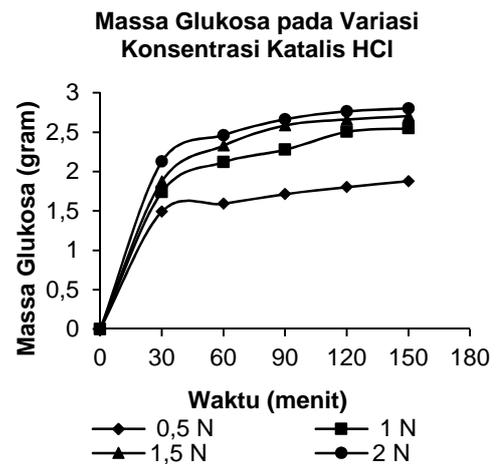
HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel konsentrasi katalis HCl

Pada penelitian ini dilakukan pada suhu operasi $\pm 100^\circ\text{C}$ dan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu pemasakan 150 menit.

Tabel 2. Massa Glukosa Reduksi (g) Ampas Batang Sorgum Manis (Variasi Konsentrasi Katalis)

| Waktu (menit) | Massa glukosa reduksi (g) | | | |
|---------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| | 0,5 N | 1 N | 1,5 N | 2 N |
| 30 | 1,4929 | 1,7418 | 1,8759 | 2,1286 |
| 60 | 1,5947 | 2,1211 | 2,3309 | 2,4640 |
| 90 | 1,7168 | 2,2804 | 2,5870 | 2,6960 |
| 120 | 1,8064 | 2,5071 | 2,8020 | 2,8775 |
| 150 | 1,8799 | 2,5517 | 2,8392 | 2,9169 |



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) dengan Massa Glukosa pada Variabel Konsentrasi Katalis HCl

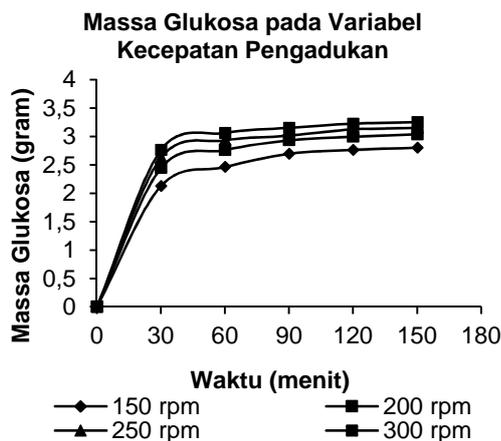
Dari Tabel 2 dan gambar 1 diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi, jumlah glukosa reduksi yang dihasilkan semakin besar karena waktu kontak antara reaktan untuk bereaksi semakin besar. Sedangkan untuk pengaruh konsentrasi HCl terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl, kadar glukosa yang dihasilkan semakin besar. Penambahan konsentrasi katalis HCl dapat menurunkan energi aktivasi sehingga kecepatan reaksinya bertambah cepat. Selain itu reaksi hidrolisis juga dikendalikan oleh konsentrasi ion hidrogen (H^+). Semakin banyak ion H^+ reaksi hidrolisis akan semakin cepat. Pemutusan ikatan hidrogen (H^+) yang meningkat menyebabkan tingginya konversi selulosa yang berubah menjadi glukosa. Jadi semakin tinggi konsentrasi HCl kadar glukosa yang dihasilkan akan semakin besar. Glukosa hasil hidrolisis ini dikenal dengan istilah gula reduksi.

Variabel Kecepatan Pengadukan

Pada penelitian ini dilakukan pada suhu operasi $\pm 100^\circ\text{C}$, konsentrasi larutan katalis 2 N dan waktu pemasakan 150 menit.

Tabel 3. Massa Glukosa Reduksi (g) Ampas Batang Sorgum Manis (Variasi kecepatan pengadukan)

| Waktu (menit) | Massa glukosa reduksi (g) | | | |
|---------------|---------------------------|---------|---------|---------|
| | 150 rpm | 200 rpm | 250 rpm | 300 rpm |
| 30 | 2,1286 | 2,4500 | 2,6298 | 2,7657 |
| 60 | 2,4640 | 2,7657 | 2,9370 | 3,0639 |
| 90 | 2,6960 | 2,9370 | 3,0204 | 3,1786 |
| 120 | 2,8775 | 2,9991 | 3,1549 | 3,2769 |
| 150 | 2,9169 | 3,0420 | 3,1786 | 3,3024 |



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) dengan Massa Glukosa pada Variabel Kecepatan Pengadukan

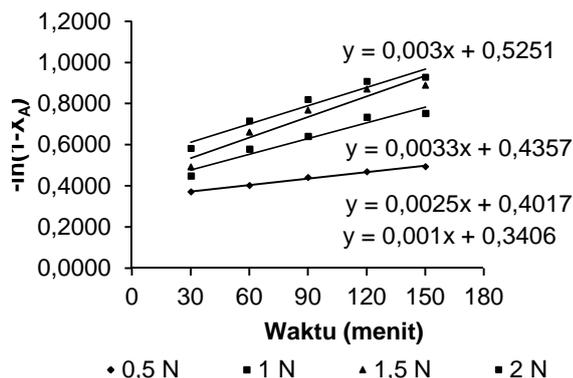
Berdasarkan tabel 3 dan gambar 2 terlihat kecenderungan peningkatan kadar glukosa terhadap peningkatan kecepatan pengadukan dari 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm pada konsentrasi HCl 2N. Reaksi dapat berlangsung ketika terjadi tumbukan antara partikel-partikelnya. Dengan adanya pengadukan, partikel akan bergerak lebih cepat sehingga frekuensi tumbukan juga semakin meningkat yang kemudian akan meningkatkan laju reaksi.

Perhitungan Kinetika Kecepatan Reaksi Variabel Konsentrasi Katalis HCl

Dengan mengetahui massa glukosa pada tabel 2, dapat dilihat konversi dari berbagai variasi konsentrasi katalis HCl. Hal ini di tunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Konversi (X) dengan Waktu (Variabel Konsentrasi HCl)

| No | Waktu (menit) | Konversi (x) | | | |
|----|---------------|--------------|--------|--------|--------|
| | | 0,5 N | 1 N | 1,5 N | 2 N |
| 1. | 30 | 30,96% | 36,12% | 38,90% | 44,14% |
| 2. | 60 | 33,07% | 43,99% | 48,34% | 51,10% |
| 3. | 90 | 35,60% | 47,29% | 53,65% | 55,91% |
| 4. | 120 | 37,46% | 51,99% | 58,11% | 59,67% |
| 5. | 150 | 38,98% | 52,92% | 58,88% | 60,49% |



Gambar 3. Grafik Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dengan Waktu pada Berbagai Konsentrasi HCl tertentu

Dari gambar 3 sesuai dengan persamaan $-\ln(1-x) = k'.t + C$, nilai k untuk berbagai konsentrasi HCl dapat dilihat pada tabel 5, yaitu :

Tabel 5. Data Konstanta Kecepatan reaksi vs Konsentrasi HCl

| Konsentrasi HCl (N) | k (/menit) |
|-----------------------|------------|
| 0,5 | 0,001 |
| 1 | 0,0025 |
| 1,5 | 0,0033 |
| 2 | 0,003 |

Pada proses hidrolisis, ampas batang sorgum manis akan terurai menjadi glukosa. Reaksi hidrolisis ini berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan katalisator yaitu asam klorida (HCl) untuk membantu kereaktifan air. Perbedaan konsentrasi asam berpengaruh pada banyaknya ampas batang sorgum manis yang terkonversi menjadi glukosa. Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi asam maka kecepatan reaksinya juga semakin besar. Tetapi konstanta kecepatan paling besar diperoleh pada konsentrasi HCl 1,5 N, karena semakin tinggi konsentrasi asam juga dapat menyebabkan rusaknya fraksi selulosa yang terkonversi menjadi glukosa.

Tabel 6. Harga Ralat Nilai k pada berbagai Variabel Konsentrasi HCl

| Konsentrasi HCl | k(/menit) | Ralat (%) |
|-----------------|-----------|-----------|
| 0,5 N | 0,001 | 1,3339 |
| 1 N | 0,0025 | 6,2532 |
| 1,5 N | 0,0033 | 8,5093 |
| 2 N | 0,003 | 5,1927 |

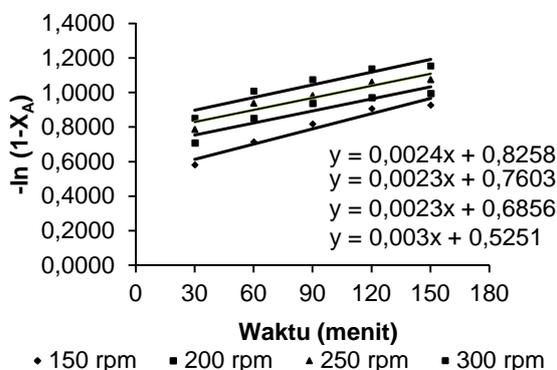
Ralat rata-rata untuk penelitian ini adalah 5,3223%, sehingga dapat dianggap model yang diambil dapat mewakili reaksi yang terjadi.

Variabel Kecepatan Pengadukan

Dengan mengetahui massa glukosa pada tabel 3, dapat dilihat konversi dari berbagai variasi kecepatan pengadukan. Hal ini di tunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Konversi (X) dengan Waktu (Variasi Kecepatan Pengadukan)

| No | Waktu (menit) | Konversi (x) | | | |
|----|---------------|--------------|---------|---------|---------|
| | | 150 rpm | 200 rpm | 250 rpm | 300 rpm |
| 1. | 30 | 44,14% | 50,81% | 54,54% | 57,35% |
| 2. | 60 | 51,10% | 57,35% | 60,91% | 63,54% |
| 3. | 90 | 55,91% | 60,91% | 62,63% | 65,92% |
| 4. | 120 | 59,67% | 62,19% | 65,42% | 67,95% |
| 5. | 150 | 60,49% | 63,08% | 65,92% | 68,48% |



Gambar 4. Grafik Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dengan Waktu pada Berbagai Kecepatan Pengadukan

Dari gambar 4, sesuai dengan persamaan $-\ln(1-x) = k \cdot t + C$, nilai k untuk berbagai kecepatan pengadukan dapat dilihat pada tabel 8, yaitu :

Tabel 8. Data Konstanta Kecepatan Reaksi vs Kecepatan Pengadukan

| Kecepatan Pengadukan (rpm) | k (/menit) |
|----------------------------|------------|
| 150 | 0,0030 |
| 200 | 0,0023 |
| 250 | 0,0023 |
| 300 | 0,0024 |

Kecepatan pengadukan yang tepat membuat reaksi hidrolisis berjalan lebih cepat. Dari persamaan Arrhenius $k = A \cdot e^{-E/RT}$, diketahui bahwa semakin besar frekuensi tumbukan akan meningkatkan nilai konstanta kecepatan reaksi. Akan tetapi bila kecepatan pengadukan telah melampaui optimumnya, maka tumbukan tidak akan berlangsung sempurna yang menyebabkan kecepatan reaksi berkurang

karena difusi antar partikel sudah mencapai kondisi maksimum dan tidak terjadi lagi transfer massa dan panas pada material. Dari Tabel 8 dapat dilihat nilai konstanta kecepatan reaksi yang paling tinggi pada variabel kecepatan pengadukan 150 rpm.

Tabel 9. Harga Ralat Nilai k pada berbagai Variabel Kecepatan Pengadukan

| Kecepatan Pengadukan | k(/menit) | Ralat (%) |
|----------------------|-----------|-----------|
| 150 rpm | 0,0030 | 5,1927 |
| 200 rpm | 0,0023 | 4,8309 |
| 250 rpm | 0,0023 | 4,0454 |
| 300 rpm | 0,0024 | 4,2257 |

Ralat rata-rata untuk penelitian ini adalah 4,5737%, sehingga dapat dianggap model yang diambil dapat mewakili reaksi yang terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin besar konsentrasi katalis asam klorida (HCl) maka kadar glukosa juga semakin meningkat. Dalam penelitian ini menggunakan konsentrasi katalis asam klorida dengan rentang 0,5 N sampai 2 N, dan diperoleh kadar glukosa yang paling tinggi pada konsentrasi 2 N.
2. Semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka massa glukosa reduksi yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dalam penelitian ini menggunakan rentang kecepatan pengadukan 150 rpm sampai 300 rpm, dan diperoleh kecepatan pengadukan paling tinggi pada 300 rpm.
3. Konstanta kecepatan reaksi untuk masing-masing konsentrasi katalis HCl berkisar antara 0,0010 – 0,0033 /menit dan kecepatan pengadukan berkisar antara 0,0023 – 0,0030 /menit.

DAFTAR LAMBANG

C_A = Konsentrasi selulosa
 C_B = Konsentrasi air
 k = konstanta kecepatan reaksi (/menit)

DAFTAR PUSTAKA

- Almodares, A., & Hadi, M. R. (2009). Production of Bioethanol from Sweet Sorghum : A Review. *African Journal of Agricultural Research*
- Groggins, P.H., (1958), "*Unit Processes in Organic Synthesis*", 5th ed., Mc. Graw Hill Book Company Inc., New York
- Kerr, R.W.,(1950), "*Chemistry and Industry of Starch*", 2nd ed., Academic Press Inc., New York
- Kirk, R.E.,and Othmer, D.F.,(1983), "*Enchyclopedia of Chemical Technology*", 3rded., John Wiley and Sons Inc., New York
- Levenspiel, O.,(1972), "*Chemical Reaction Engineering*", 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York
- Matz, S. A., (1970), "*Sereal Technology*", The Avi Publishing Co. Inc., West Port, Connecticut
- Supranto, Ir.,(1998), "*Proses Industri Kimia II*", Teknik Kimia FT UGM, Yogyakarta