

STUDI LAJU REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA DAN ASAM BROMIDA MENGGUNAKAN POLARIMETER

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh :

YOHANA RISTYARINI
NIM : 991810301104

Asal:	Hadiah	Klass 627 R15 S e/
	Pembelian	
TerimaTg:	17 MAY 2004	
No. Induk:		
Pengkatalog:	<i>SA</i>	

TEKNIK HIDRAULIS



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
Desember, 2003



STUDI LAJU REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA DAN ASAM BROMIDA MENGGUNAKAN POLARIMETER

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh :

YOHANA RISTYARINI
NIM : 991810301104

Asal:	Hadiah	Klass 627 R15 S e/
	Pembelian	
TerimaTg:	17 MAY 2004	
No. Induk:		
Pengkatalog:	<i>[Signature]</i>	

TEKNIK HIDRAULIS



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
Desember, 2003

MOTTO

“Janganlah menunda apa yang bisa kamu kerjakan hari ini karena esok pasti ada pekerjaan baru yang menunggumu.”

[B N B]

“Pengalaman hidup merupakan guru yang paling berharga dalam hidup ini.”

[B N B]

“Multa studene corpus fatigat, belajar sangat melelahkan badan.”

[F X K Y]

“Jadikanlah doa dan sabar sebagai penolongmu.”

[Y.R]

PERSEMBAHAN

Karya Ilmiah ini aku persembahkan untuk:

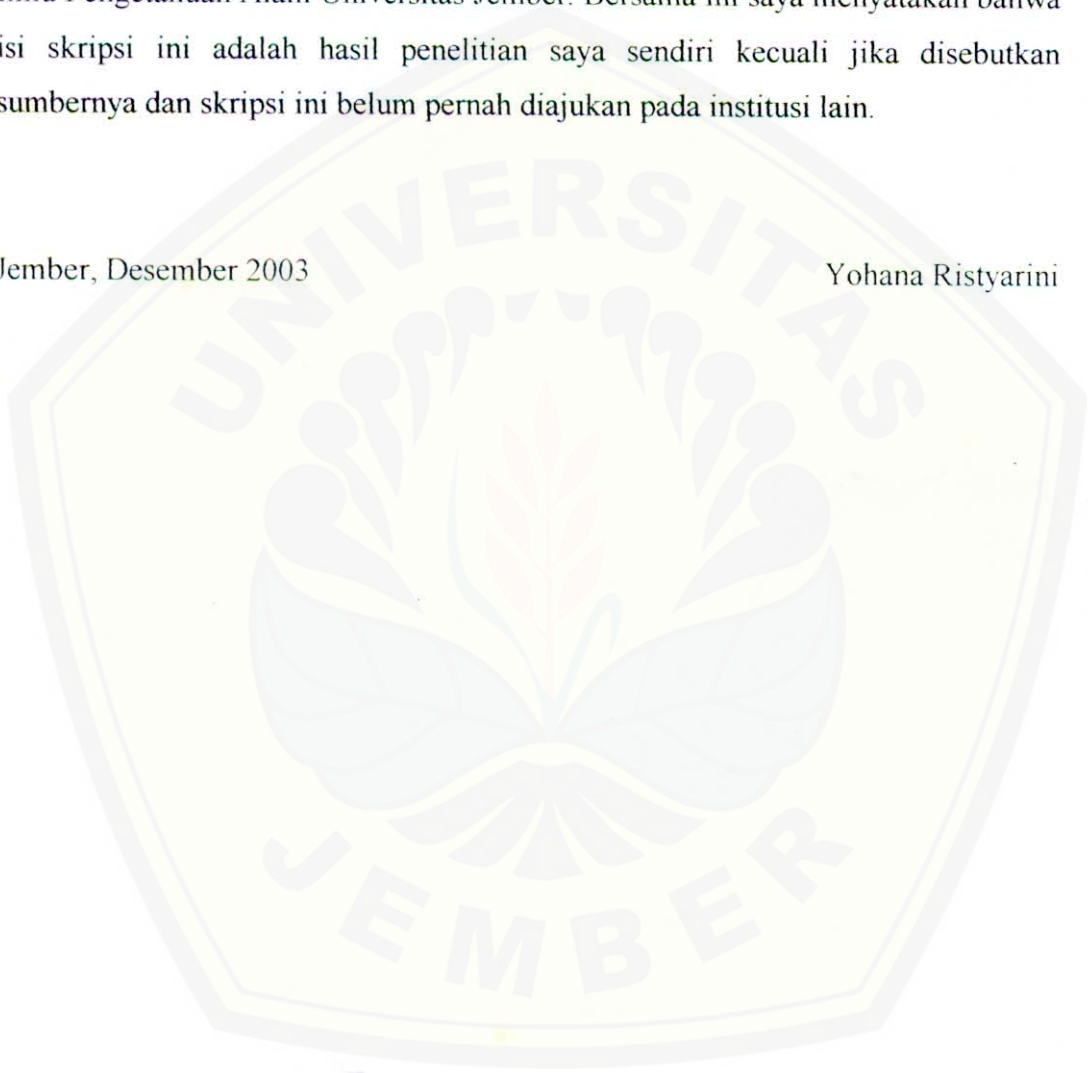
- ☞ Bapa Surgawi, Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria atas berkat kasih dan karuniaNya yang tiada terkira.*
- ☞ Kedua Orangtuaku, Papa Risdiarto dan Mama Lilik yang telah bersusah payah mendidik dan membesarkan aku dengan penuh kasih sayang.*
- ☞ Papa Teguh dan Mama Sri Rahayu yang senantiasa mendoakan, mendukung dan menyemangatiku.*
- ☞ Saudara-saudaraku tersayang Mas Eko, Yohanes, Klemensius dan Yoga, juga Mbak Ira, Mas Ragil dan Senja yang turut mendukungku.*
- ☞ Nova Barcelona yang selalu mendoakan, mendampingiku dan mendukungku.*
- ☞ Keluarga Om Rahono dan BuDe Landri, terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.*
- ☞ Teman-teman angkatan '99 khususnya Bambang dan Totok, terimakasih atas diskusi dan bantuannya selama ini.*
- ☞ Sobatku tersayang almarhum Nasa Tassyah, semoga kau bahagia diNirwana.*
- ☞ Teman-teman angkatan 1997 sampai 2003 yang telah memberikan kenangan manis selama saya studi.*

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja atau penelitian mulai bulan Maret 2003 sampai dengan Juni 2003 di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Desember 2003

Yohana Ristyarini



ABSTRAK

Studi Laju Reaksi Hidrolisis Sukrosa dengan Katalis Asam Klorida dan Asam Bromida menggunakan Polarimeter. Yohana Ristyarini, 991810301104, Skripsi, Desember 2003, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Studi laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida telah ditentukan pada variasi temperatur. Hidrolisis sukrosa dilakukan dengan cara menambahkan salah satu jenis asam kedalam 0,2 g/mL larutan sukrosa pada temperatur kamar, 40, 50, 60 dan 70°C, kemudian diukur perubahan sudut putarnya pada interval waktu tertentu menggunakan polarimeter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan katalis asam bromida mengakibatkan perubahan laju reaksi lebih besar dibandingkan katalis asam klorida. Harga konstanta laju reaksi bertambah besar seiring dengan naiknya temperatur. Kondisi optimum reaksi hidrolisis sukrosa adalah pada temperatur 60°C dengan harga konstanta laju reaksi 0,0826 menit⁻¹ menggunakan katalis asam klorida dan 0,0882 menit⁻¹ menggunakan katalis asam bromida. Energi aktivasi reaksi rata-rata reaksi hidrolisis sukrosa adalah 53,3203 kJ/mol.

Kata kunci : hidrolisis, katalis, laju reaksi, konstanta laju reaksi, energi aktivasi

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jember pada:

Hari : RABU
Tanggal : 31 Desember 2003
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

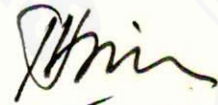
Tim Penguji

Ketua,



(D.S.P. Handoko, S.Si, M.Si)
NIP. 132 085 807

Sekretaris,



(Drs. Busroni, M.Si)
NIP. 131 945 805

Anggota

Anggota I,



(Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc, Ph.D)
NIP. 131 592 358

Anggota II,



(Bambang Piluharto, S.Si, M.Si)
NIP. 132 164 055

Mengesahkan
Dekan Fakultas MIPA
Universitas Jember



(Ir. Samadi, MS)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya ini khususnya kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, D. Setyawan Purwo Handoko, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama atas ide, saran, bimbingan dan motivasinya, Drs. Busroni, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota atas bimbingan dan sarannya, Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc, Ph.D dan Bambang Piluharto, S.Si, M.Si atas segala kritik dan sarannya, Ketua Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc selaku Dosen Wali, seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Tak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh keluarga terkasih yang telah sepenuh hati memberikan dukungan moral maupun material dan kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap kemajuan ilmu pengetahuan khususnya bidang ilmu kimia fisik.

Jember, Desember 2003

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
HALAMAN MOTTO.....	II
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	III
HALAMAN DEKLARASI.....	IV
HALAMAN ABSTRAK.....	V
HALAMAN PENGESAHAN.....	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR LAMPIRAN.....	XIII
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kinetika Kimia.....	5
2.1.1 Laju Reaksi.....	5
2.1.2 Orde Reaksi.....	6
a) Reaksi Orde Nol.....	6
b) Reaksi Orde Satu.....	7
c) Reaksi Orde Dua.....	7

2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi.....	10
a) Sifat Alamiah Reaktan	10
b) Konsentrasi Reaktan	10
c) Temperatur	10
d) Katalis	14
2.2 Karbohidrat.....	14
2.2.1 Monosakarida	15
2.2.2 Oligosakarida.....	19
2.2.3 Polisakarida.....	22
2.3 Asam Halida.....	23
2.4 Polarimeter.....	24
2.4.1 Prinsip Kerja Polarimeter.....	24
2.4.2 Penentuan Konstanta Laju Reaksi Hidrolisis Sukrosa	25

III. METODE PENELITIAN

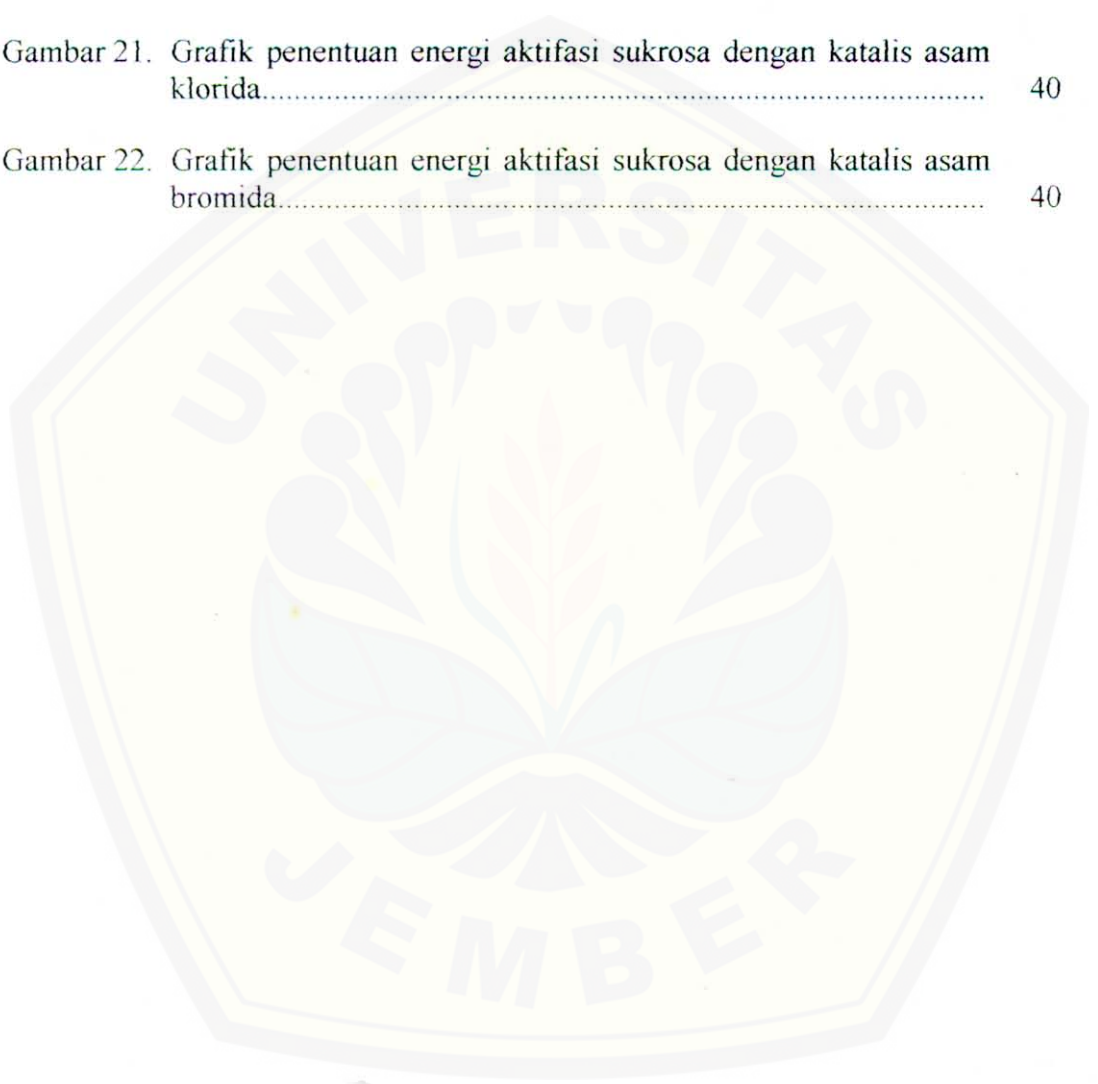
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.2.1 Alat.....	28
3.2.2 Bahan	28
3.3 Desain Penelitian	29
3.4 Prosedur Kerja	30
3.4.1 Preparasi Larutan HCl 2 M.....	30
3.4.2 Preparasi Larutan HBr 2 M.....	30
3.4.3 Pengukuran Sudut θ° Polarimeter	30
3.4.4 Pengukuran Sudut Putar Sukrosa menggunakan Polarimeter.....	30
3.4.5 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (katalis asam klorida) menggunakan Polarimeter	30

3.4.6 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (katalis asam bromida) menggunakan Polarimeter.....	31
3.4.7 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (tanpa katalis) menggunakan Polarimeter.....	31
3.4.8 Identifikasi Rotasi Jenis Sukrosa.....	32
3.5 Analisis Data.....	32
3.5.1 Menentukan Konstanta Laju Reaksi.....	32
3.5.2 Menentukan Laju Reaksi.....	33
3.5.3 Menentukan Energi Aktifasi.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Temperatur terhadap Konstanta Laju Reaksi Hidrolisis Sukrosa.....	34
4.2 Pengaruh Jenis Katalis terhadap Laju Reaksi Hidrolisis Sukrosa.....	36
4.3 Energi Aktifasi Reaksi Hidrolisis Sukrosa.....	39
4.4 Kondisi Optimum Reaksi Hidrolisis Sukrosa.....	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Reaksi orde nol.....	7
Gambar 2. Reaksi orde pertama.....	7
Gambar 3. Reaksi orde dua.....	8
Gambar 4. Reaksi orde dua dengan konsentrasi kedua zat yang tidak sama	9
Gambar 5. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur reaksi endotermis.....	11
Gambar 6. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur.....	11
Gambar 7. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur reaksi enzimatis.....	12
Gambar 8. Grafik hubungan antara laju reaksi terhadap temperatur reaksi eksotermis.....	12
Gambar 9. Grafik penentuan energi aktivasi.....	13
Gambar 10. Triosa.....	15
Gambar 11. Aldopentosa.....	16
Gambar 12. Enantiomer liksosa dan ribosa.....	17
Gambar 13. Siklisasi glukosa menghasilkan diastereoisomer.....	18
Gambar 14. Struktur disakarida.....	19
Gambar 15. Sukrosa.....	19
Gambar 16. Heparin.....	23
Gambar 17. Hubungan $\ln \alpha_t - \alpha_\infty$ terhadap waktu.....	27

Gambar 18. Hubungan temperatur dengan konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis & tanpa katalis	35
Gambar 19. Perbandingan konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis dan tanpa katalis pada berbagai variasi temperatur	37
Gambar 20. Pengaruh katalis terhadap laju reaksi hidrolisis sukrosa pada berbagai variasi temperatur	39
Gambar 21. Grafik penentuan energi aktivasi sukrosa dengan katalis asam klorida.....	40
Gambar 22. Grafik penentuan energi aktivasi sukrosa dengan katalis asam bromida.....	40



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data sudut putar reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida	45
Lampiran 2. Data sudut putar reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam bromida	46
Lampiran 3. Data rotasi optik hidrolisis sukrosa tanpa katalis	47
Lampiran 4. Penentuan rotasi jenis sukrosa.....	49
Lampiran 5. Grafik sudut putar reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida	50
Lampiran 6. Grafik sudut putar reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam bromida	51
Lampiran 7. Grafik penentuan konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida	52
Lampiran 8. Grafik penentuan konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam bromida	53
Lampiran 9. Grafik penentuan konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa tanpa katalis	54
Lampiran 10. Penentuan laju reaksi hidrolisis sukrosa	56
Lampiran 11. Uji Statistik $\ln \alpha_0 - \alpha_\infty$	57
Lampiran 12. Perhitungan untuk menentukan energi aktivasi sukrosa	60
Lampiran 13. Gambar Set Alat Polarimeter	61



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinetika kimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi kimia secara kuantitatif, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, konstanta laju reaksi, mekanisme reaksi dan profil reaksi itu sendiri (Hiskia, 1996:150). Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi reaktan atau produk dalam suatu satuan waktu (Keenan, 1999:516). Konstanta laju reaksi adalah tetapan perbandingan antara laju reaksi dan hasil kali konsentrasi spesies yang mempengaruhi laju reaksi (Hiskia, 1996:158). Penentuan laju reaksi dapat dilakukan dengan mengamati perubahan sifat fisik misalnya sifat optis aktifnya selama reaksi.

Laju reaksi kimia bergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu sifat alamiah reaktan, konsentrasi spesies yang terlibat, temperatur dan orientasi molekul (Syukri, 1999:468). Menurut Castellan (1964) adanya katalis juga dapat mempercepat laju reaksi kimia. Katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktan disebut katalis homogen, sedangkan katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktan disebut katalis heterogen (Hiskia, 1996:215). Laju reaksi dapat dianalisa mengikuti perubahan sifat fisik dan kimia dari campuran reaksi secara keseluruhan, misalnya warna, perubahan tekanan, indeks refraksi, sifat optis aktif, daya hantar listrik, konsentrasi ion H^+ atau potensial elektrodanya (Hiskia, 1996:158). Salah satu jenis reaksi yang dapat dianalisa mengikuti perubahan sifat fisik yaitu sifat optis aktifnya adalah reaksi hidrolisis sukrosa.

Sukrosa merupakan disakarida yang dibentuk dari 2 unit monosakarida, yaitu fruktosa dan glukosa melalui ikatan glikosida (Fessenden, 1989:348). Reaksi hidrolisis sukrosa adalah reaksi pemecahan ikatan glikosida dalam sukrosa oleh molekul air membentuk glukosa dan fruktosa. Reaksi ini menyebabkan perubahan konsentrasi sukrosa, glukosa dan fruktosa, yaitu berkurangnya konsentrasi sukrosa atau bertambahnya konsentrasi glukosa dan fruktosa. Laju berkurangnya konsentrasi sukrosa atau laju bertambahnya konsentrasi glukosa dan fruktosa

disebut laju hidrolisis sukrosa. Tetapan perbandingan antara laju reaksi dan hasil kali konsentrasi spesies yang mempengaruhi laju reaksi hidrolisis sukrosa disebut konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa. Reaksi hidrolisis sukrosa pada dasarnya adalah reaksi orde dua, tetapi karena konsentrasi H_2O berlebihan maka dianggap konsentrasi air tetap selama reaksi sehingga reaksinya adalah reaksi orde satu (Atkins, 1997: 336).

Sukrosa mempunyai sifat-sifat fisik dan kimia yang berbeda dengan glukosa dan fruktosa sebagai produk hidrolisisnya. Salah satu perbedaan sifat fisik sukrosa, glukosa dan fruktosa adalah sifat optis aktif larutannya, yaitu pada besar dan arah sudut putarnya terhadap bidang polarisasi cahaya monokromatis. Sukrosa mempunyai rotasi jenis $+66,5^\circ$, suatu rotasi *positif*. Campuran produknya dan mempunyai rotasi netto *negatif* dari glukosa $[\alpha] = +52,7^\circ$ dan fruktosa $[\alpha] = -92,4^\circ$ (Fessenden, 1989:352), sehingga laju reaksi hidrolisis sukrosa dapat dianalisa dengan mengikuti perubahan sifat optis aktif campuran reaksinya menggunakan polarimeter. Polarimeter adalah alat yang dapat mengukur besarnya putaran berkas cahaya terpolarisasi oleh suatu zat optis aktif (Khopkar, 1990:296).

Hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa berlangsung melalui beberapa tahap reaksi. Reaksi ini berjalan lebih baik pada temperatur tinggi dan suasana asam (Lehninger, 1995:320). Penelitian yang perlu dilakukan adalah bagaimana pengaruh jenis asam pada temperatur yang berbeda terhadap laju reaksi hidrolisis sukrosa. Metode yang digunakan adalah mengamati perubahan sudut putar campuran reaksi pada konsentrasi asam klorida dan asam bromida yang sama dengan variasi temperatur menggunakan polarimeter.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. bagaimana pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida?,
2. bagaimana pengaruh jenis katalis asam terhadap laju reaksi hidrolisis sukrosa?,
3. berapa energi aktifasi reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida?,
4. pada temperatur berapa kondisi optimum reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida tercapai?.

1.3 Batasan Masalah

Peneliti hanya membatasi masalah pada reaksi hidrolisis sukrosa dengan pengaruh temperatur (kamar, 40, 50, 60 dan 70°C) dan konsentrasi katalis (2 M). Metode yang digunakan adalah mengamati sudut putar campuran reaksi antara larutan sukrosa dengan katalis asam pada interval waktu tertentu menggunakan polarimeter.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dengan judul “Studi Laju Reaksi Hidrolisis Sukrosa dengan Katalis Asam Klorida dan Asam Bromida menggunakan Polarimeter” adalah sebagai berikut :

1. mengetahui pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida,
2. mengetahui pengaruh jenis asam sebagai katalisator terhadap laju reaksi hidrolisis sukrosa,
3. menentukan energi aktifasi reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida dan asam bromida,
4. mendapatkan kondisi optimum reaksi hidrolisis sukrosa.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi:

1. sumbangan berupa data tentang kinetika hidrolisis sukrosa dan faktor-faktor yang mempengaruhinya,
2. informasi untuk mempelajari kinetika reaksi hidrolisis sukrosa lebih lanjut misalnya menggunakan katalis basa, ataupun dengan variasi tekanan.



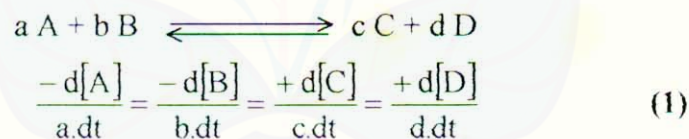
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinetika Kimia

Kinetika kimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi kimia secara kuantitatif, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, konstanta laju reaksi, mekanisme reaksi dan profil reaksi itu sendiri (Hiskia, 1996:150). Kinetika kimia atau dinamika kimia disebut juga kinetika reaksi yang didalamnya memerlukan dasar-dasar ilmu kimia, meliputi teori tumbukan, model reaksi, macam-macam parameter dan dasar-dasar mengenai kinetika itu sendiri (Bird, 1993:263).

2.1.1 Laju Reaksi

Laju reaksi kimia didefinisikan sebagai laju perubahan konsentrasi baik reaktan maupun produk persatuan waktu atau jumlah mol reaktan per satuan volume yang bereaksi dalam satu satuan waktu tertentu (Bird, 1993:263) dapat dituliskan sebagai berikut :



(Frost dan Pearson, 1961:10)

Dalam reaksi kimia zat-zat kimia tersebut dapat dibagi menjadi dua, yaitu reaktan dan produk. Laju reaksi dapat ditinjau dari segi reaktannya maupun dari produknya saja (satu komponen) karena selama reaksi berlangsung, reaktan selalu berkurang, sedangkan produknya selalu bertambah sehingga laju reaksinya adalah sebagai berikut :

- a. untuk produk : $+ d[P] / dt$
- b. untuk reaktan : $- d[R] / dt$

dimana P adalah konsentrasi produk, R adalah konsentrasi reaktan, t adalah waktu dan d menyatakan bentuk diferensial.

Laju reaksi secara umum dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$-\frac{d[R]}{dt} = k[R]^n \quad (2)$$

dimana : R = konsentrasi reaktan (mol/liter)
 t = waktu (detik)
 n = orde reaksi (konstan)
 k = konstanta laju reaksi

(Castellan, 1964:601).

Koefisien k disebut konstanta laju reaksi yang tidak bergantung pada konsentrasi tetapi bergantung pada temperatur (Atkins, 1997:335)

2.1.2 Orde Reaksi

Orde reaksi dalam beberapa hal didefinisikan sebagai jumlahan dari peranan komponen-komponen reaktan dalam total reaksi. Untuk reaksi :



maka laju reaksinya sebagai berikut :

$$-\frac{d[R]}{dt} = k.[A]^a.[B]^b \quad (3)$$

Dengan demikian, orde reaksi adalah : (a + b) (Moore dan Pearson, 1961:16).

a) Reaksi Orde Nol (n=0)

Pada reaksi orde nol besarnya konsentrasi reaktan tidak akan mempengaruhi laju reaksi, yang berarti laju reaksi tersebut adalah konstan atau tidak berubah.

$$-\frac{d[R]}{dt} = k.[R]^0 \quad (4)$$

$$-\int_{R_0}^R d[R] = k \int_0^t dt \quad (5)$$

$$[R] - [R]_0 = -kt, \text{ sehingga: } [R] = -kt + [R]_0 \quad (6)$$

Jika dibuat grafik $[R]$ lawan t , maka akan diperoleh slope yang sama dengan harga $-k$ dan intersep yang sama dengan harga $[R]_0$.



Gambar 1. Reaksi orde nol
(Sumber: Bird, 1993:266)

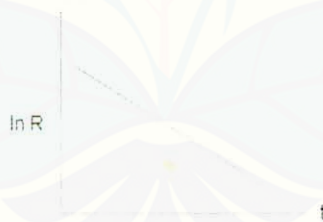
b) Reaksi Orde Satu (n = 1)

Pada reaksi orde 1, besarnya konsentrasi reaktan mempengaruhi laju reaksi sehingga laju reaksi berubah sesuai dengan besarnya konsentrasi reaktan.

$$-\int_{R_0}^R \frac{d[R]}{[R]} = k \int_{t_0}^t dt \tag{7}$$

$$\ln \frac{[R]_0}{[R]} = kt, \text{ sehingga: } \ln [R] = -k t + \ln [R]_0 \tag{8}$$

Kemudian dibuat grafik antara $\ln [R]$ lawan t , dari grafik tersebut akan diperoleh garis lurus dengan slope sama dengan harga $-k$. Konstanta laju reaksi dapat ditentukan dari perhitungan slope tersebut.



Gambar 2. Reaksi orde pertama
(Sumber: Bird, 1993:267)

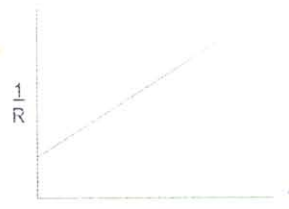
c) Reaksi Orde Dua (n = 2)

Untuk reaksi orde dua dan konsentrasi reaktan yang sama, maka perumusan laju reaksinya:

$$-\int_{R_0}^R \frac{d[R]}{[R]^2} = k \int_{t_0}^t dt \tag{9}$$

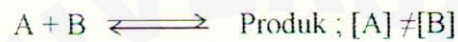
$$\frac{1}{[R]} - \frac{1}{[R]_0} = k(t - t_0); t_0 = 0 \text{ maka } \frac{1}{[R]} = kt + \frac{1}{[R]_0} \tag{10}$$

Bila dibuat grafik $1/[R]$ lawan t , maka akan diperoleh garis lurus dengan slope positif yang menunjukkan harga k .



Gambar 3. Reaksi orde dua
(Sumber: Bird, 1993:269)

Untuk $n = 2$ (reaksi orde dua), jika konsentrasi kedua reaktan berbeda, maka perumusan untuk menentukan laju reaksi adalah sebagai berikut :



Dengan demikian perumusan untuk laju reaksinya adalah sebagai berikut :

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A][B] \quad (11)$$

dimana: $[A]_0 = a$ dan $[B]_0 = b$,

bila, $a - x =$ konsentrasi yang ada untuk A,

$b - x =$ konsentrasi yang ada untuk B,

maka laju reaksinya dapat diubah menjadi :

$$-\frac{d[A]}{dt} = k(a-x)(b-x) \quad (12)$$

$$-\frac{d(a-x)}{dt} = k(a-x)(b-x) \quad (13)$$

$$-\frac{d(a-x)}{(a-x)(b-x)} = k dt \quad (14)$$

integrasi dari persamaan tersebut akan menghasilkan :

$$\frac{1}{(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} = k t \quad (15)$$

diketahui adanya korelasi sebagai berikut :

$$[A]_0 - [A] = x \quad \text{dan} \quad [B]_0 - [B] = x$$

$$\text{maka} \quad : [A]_0 - [A] = [B]_0 - [B]$$

$$\text{sehingga} \quad : [B] = [B]_0 + [A] - [A]_0$$

Dimana x adalah zat yang bereaksi, $[A]_0$ adalah konsentrasi zat A mula, $[B]_0$ adalah konsentrasi zat B mula dan $[A]$ dan $[B]$ adalah konsentrasi pada waktu t , dengan demikian dari persamaan awal yaitu :

$$\begin{aligned}
 -\frac{d[A]}{dt} &= k(a-x)(b-x) \\
 -\frac{d[A]}{dt} &= k\{[A]_0 - ([A]_0 - [A])\}\{[B]_0 - ([B]_0 - [B])\} \\
 -\frac{d[A]}{dt} &= k\{[A]_0 - [A]_0 + [A]\}\{[B]_0 - [B]_0 + [B]\} \\
 -\frac{d[A]}{dt} &= k[A][B] \\
 -\frac{d[A]}{dt} &= k[A]([A] + [B]_0 - [A]_0) \quad (16)
 \end{aligned}$$

integrasi dari persamaan tersebut akan menghasilkan :

$$\frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \ln \frac{[A]/[B]}{[A]_0/[B]_0} = kt \quad (17)$$

$$\ln \frac{[A]}{[B]} = ([A]_0 - [B]_0)kt + \ln \frac{[A]_0}{[B]_0} \quad (18)$$

dengan demikian jika dibuat grafik antara $\ln \frac{[A]}{[B]}$ terhadap t akan diperoleh grafik yang linier.



Gambar 4. Reaksi orde dua dengan konsentrasi kedua zat yang tidak sama
(Sumber: Logan, 1996:603)

Harga konstanta laju reaksi untuk reaksi tingkat dua dengan konsentrasi reaktan yang berbeda adalah slope dari grafik seperti pada gambar 4 diatas.

2.1.3 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi suatu zat dipengaruhi oleh faktor – faktor sebagai berikut :

- a) sifat alamiah reaktan,
- b) konsentrasi reaktan,
- c) temperatur,
- d) katalis.

a) Sifat Alamiah Reaktan

Salah satu penentu laju reaksi adalah sifat pereaksinya, ada yang reaktif dan ada yang kurang reaktif (Syukri, 1999:468). Laju reaksi tergantung pada substansi spesifik yang bereaksi, karena dalam suatu reaksi kimia terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan sehingga laju reaksi bergantung pada macam ikatan yang terlibat dalam reaksi kimia.

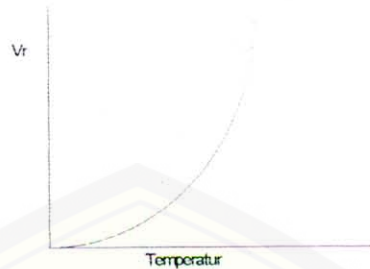
b) Konsentrasi Reaktan

Laju reaksi yang homogen (satu fase) bergantung pada konsentrasi reaktan-reaktan dalam fase itu. Molekul yang akan bereaksi harus bertumbukan langsung, jika konsentrasi diperbesar berarti kerapatannya bertambah dan akan memperbanyak kemungkinan tabrakan sehingga akan mempercepat reaksi (Syukri, 1999:468). Namun, tidak selalu demikian karena pereaksi yang berbeda konsentrasinya dapat mempengaruhi laju reaksi tertentu dengan cara yang berbeda (Hiskia, 1996:159). Laju reaksi heterogen (lebih dari satu fase) sebanding dengan luas kontak antara fase. Peranan konsentrasi terhadap laju reaksi secara kuantitatif hanya dapat diketahui dari hasil penelitian.

c) Temperatur

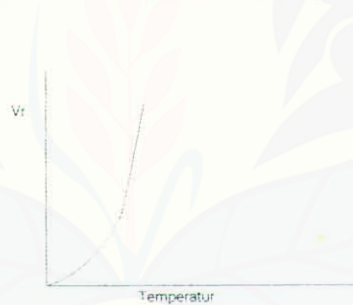
Kenaikan temperatur akan memberikan pengaruh terhadap laju reaksi. Secara umum bahwa kenaikan temperatur tersebut akan diimbangi dengan kenaikan laju reaksi. Akan tetapi terdapat pula suatu model mekanisme reaksi yang sedikit berbeda dari keadaan yang umum, yaitu terjadinya penurunan laju reaksi baik secara hiperbolik maupun secara linier karena terjadinya kenaikan temperatur.

Terdapat empat macam model atau tipe grafik antara perubahan laju reaksi terhadap naiknya temperatur dari sistem atau reaktor.



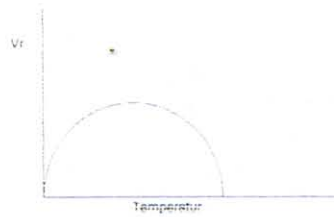
Gambar 5. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur reaksi endotermis.

Berdasarkan gambar 5 terlihat bahwa kenaikan temperatur akan menyebabkan kenaikan laju reaksi. Kenaikan temperatur mengakibatkan energi vibrasi, rotasi dan translasi dari molekul-molekul yang bereaksi meningkat, sehingga kemungkinan adanya tumbukan efektif juga meningkat dan laju reaksinya bertambah besar. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endotermis.



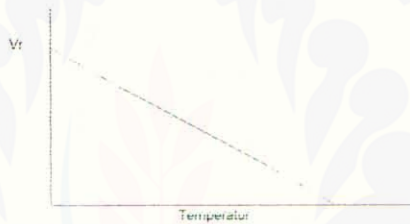
Gambar 6. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa dengan naiknya temperatur, laju reaksi akan naik dengan perlahan-lahan hingga pada suatu saat akan terjadi kenaikan laju secara cepat atau tajam. Keadaan ini disebabkan oleh karena pada temperatur tertentu dihasilkan suatu tumbukan yang akan menghasilkan panas dimana kenaikan temperatur merupakan tambahan temperatur dari reaksi tersebut. Dengan demikian akan terjadi kenaikan temperatur yang sangat besar dalam reaktor dan akan menyebabkan kenaikan laju reaksi yang sangat mendadak.



Gambar 7. Grafik hubungan laju reaksi terhadap temperatur reaksi enzimatik

Kenaikan temperatur akan menyebabkan laju reaksi bertambah secara hiperbolik dengan deviasi yang negatif yang ditunjukkan pada gambar 7. Dengan demikian pada temperatur yang optimum, laju reaksi akan mencapai keadaan yang maksimal. Pada temperatur yang melebihi harga optimum, terjadi kerusakan reaktan karena pada sistem terjadi *overheating*. Kenaikan temperatur justru akan menyebabkan penurunan laju reaksi dan reaksinya merupakan reaksi eksotermis. Contohnya adalah reaksi enzimatik.



Gambar 8. Gambar hubungan antara laju reaksi terhadap temperatur reaksi eksotermis

Gambar 8 diatas menunjukkan bahwa kenaikan temperatur akan menyebabkan penurunan laju reaksi. Keadaan tersebut sangat besar dimungkinkan oleh reaktan dalam reaktor yang bersifat eksotermis. Dengan demikian jika temperatur sistem dinaikan, maka reaksi akan berjalan dengan sangat lambat (Moore dan Pearson, 1961: 31-34).

Menurut Arrhenius, kenaikan temperatur sistem akan menyebabkan kenaikan laju reaksi. Dengan perubahan temperatur, maka konstanta laju reaksi juga akan berubah sesuai dengan tipe reaksi dari reaktan. Dengan demikian pada temperatur yang sama akan diperoleh harga konstanta yang sama dengan reaktan tertentu, sehingga konstanta reaksi adalah sama untuk jenis reaktan-reaktan tertentu pada temperatur dan tekanan yang sama.

Persamaan Arrhenius menunjukkan adanya hubungan antara perubahan konstanta reaksi dengan perubahan temperatur sistem, yaitu :

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E_a}{R \cdot T^2} \quad (19)$$

$$\int d \ln k = \int \frac{E_a}{RT^2} dT \quad (20)$$

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln \text{konstanta} \quad (21)$$

dimana :

E_a : energi aktivasi (Joule),

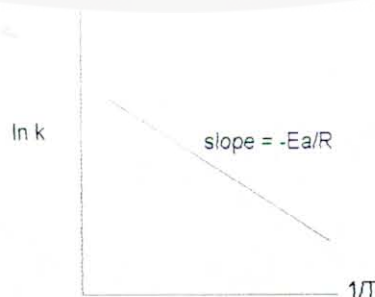
k : konstanta laju reaksi,

T : suhu mutlak sistem reaksi (K),

R : konstanta gas umum.

Energi aktivasi adalah energi umum minimum yang diperlukan oleh reaktan untuk terjadinya reaksi. Energi tersebut bersifat spesifik terhadap suatu jenis reaksi, dengan demikian energi aktivasi tersebut tidak dipengaruhi adanya perubahan temperatur dari sistem. Energi aktivasi yang dituliskan dalam persamaan Arrhenius tersebut merupakan energi minimum yang diperlukan oleh reaktan-reaktan untuk menghasilkan tumbukan efektif antar partikel dalam reaktor untuk terjadinya reaksi. Pada dasarnya energi aktivasi tersebut digunakan untuk mencapai keadaan "*Transition State Complex*" yang kemudian akan dapat menghasilkan produk atau hasil reaksi (Logan 1996: 17).

Jika dibuat grafik $\ln k$ lawan $1/T$ diperoleh grafik dengan slope sama dengan $-E_a/R$.



Gambar 9. Penentuan Energi Aktivasi

d) Katalis

Menurut Satterfield (1980), katalis adalah substansi dalam jumlah relatif sedikit tetapi dapat mengakibatkan perubahan laju reaksi yang besar untuk menghasilkan produk tanpa mengubah stoikiometri atau konstanta kesetimbangan reaksi. Interaksi katalis dengan reaktan dapat terjadi secara homogen maupun heterogen. . Interaksi secara homogen adalah interaksi yang terjadi antara katalis dengan reaktan dalam fasa yang sama. Katalis yang terlibat dalam reaksi tersebut disebut katalis homogen. Sedangkan interaksi secara heterogen yaitu interaksi antara katalis dengan reaktan terjadi dalam dua fasa yang berbeda dan katalis yang terlibat dalam reaksi disebut katalis heterogen (Syukri, 1999:215).

2.2 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa karbon, hidrogen dan oksigen yang terdapat dalam alam. Banyak karbohidrat memiliki rumus empiris CH_2O atau $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$; misalnya, rumus molekul glukosa ialah $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (enam kali CH_2O). Senyawa ini pernah disangka “hidrat dari karbon” sehingga disebut karbohidrat. Dalam tahun 1880-an disadari bahwa gagasan “hidrat dari karbon” merupakan gagasan yang salah dan karbohidrat sebenarnya adalah polihidroksi aldehida dan keton atau turunan mereka (Fessenden, 1989:318).

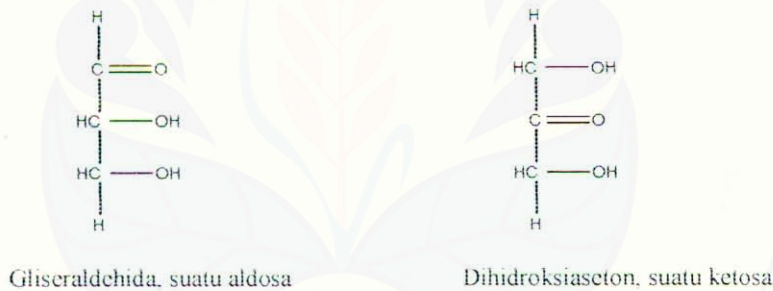
Pelopop dalam kimia karbohidrat adalah Emil Fischer, dan karyanya yang mendapatkan hadiah Nobel untuk ilmu kimia dalam tahun 1902 (abad 19) menggambarkan beberapa teknik kimia menarik serta metode cara berfikir induktif (Pine *et al.*, 1988:817).

Terdapat 3 golongan utama karbohidrat, yaitu monosakarida, oligosakarida dan polisakarida (kata “sakarida” diturunkan dari bahasa Yunani yang berarti gula) (Lehninger, 1995:313).

2.2.1 Monosakarida

Monosakarida (atau gula sederhana) adalah satuan karbohidrat yang sederhana dan terdiri dari hanya satu unit polihidroksi aldehida atau keton; mereka tidak dapat dihidrolisis menjadi molekul karbohidrat yang lebih kecil. Monosakarida yang paling banyak di alam adalah D-glukosa-6-karbon (Fessenden, 1989:318).

Kerangka monosakarida adalah rantai karbon berikatan tunggal yang tidak bercabang. Satu diantara atom karbon berikatan ganda terhadap suatu atom oksigen, membentuk gugus karbonil ($C=O$); masing-masing atom karbon lainnya berikatan dengan gugus hidroksil (Lehninger, 1995:315). Jika gugus karbonil berada pada ujung rantai karbon, monosakarida tersebut adalah suatu *aldehida* dan disebut *aldosa*; jika gugus karbonil berada pada posisi lain, monosakarida tersebut adalah suatu *keton* dan disebut sebagai *ketosa*. Monosakarida yang paling sederhana adalah kedua *triosa-3-karbon*: *gliseraldehida*, suatu aldosa, dan *dihidroksiaseton*, suatu ketosa.

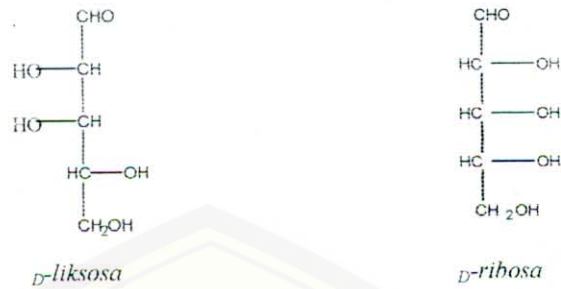


Gambar 10. Kedua Triosa
(sumber : Lehninger, 1995:314)

D-glukosa adalah monosakarida yang paling umum dan mungkin merupakan senyawa organik yang paling banyak terdapat di alam (Pine *et al.*, 1988:812).

Suatu gula yang mengandung suatu gugus aldehida atau suatu gugus α -hidroksiketon disebut *gula pereduksi* dan dalam tata nama karbohidrat sistematis diberi akhiran *-osa*. Banyak oligosakarida dan polisakarida yang bukan gula pereduksi, mempunyai nama trivial yang berakhiran *-osa* (misalnya, sukrosa dan selulosa) (Fessenden, 1989:320).

Struktur monosakarida mirip satu sama lain seperti tampak pada gambar 11.

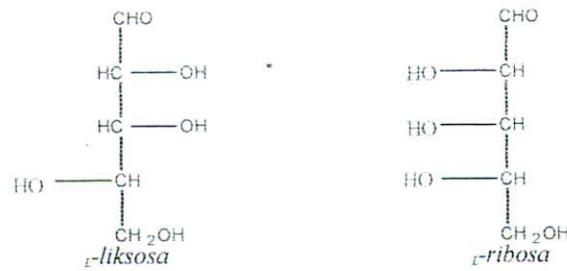


Gambar 11. Aldopentosa
(Sumber : Fessenden, 1989:321)

Beberapa monosakarida berbeda strukturnya; seperti misalnya glukosa adalah suatu aldehida dan fruktosa adalah suatu keton. Monosakarida yang lazim ternyata adalah diastereoisomer (stereoisomer yang tidak enantiomerik) satu sama lain: misalnya glukosa dan fruktosa adalah *epimer* satu terhadap yang lain. Epimer ialah diastereoisomer yang konfigurasiya berbeda hanya pada satu dari atom – atom karbon kiralnya (Fessenden, 1989: 321). Semua monosakarida kecuali dihidroksiaseton, mengandung satu atau lebih atom karbon asimetri atau kiral, dan karenanya terdapat dalam bentuk isomer yang bersifat optis aktif.

Karbohidrat digolongkan kelompok dalam D dan L bergantung pada konfigurasi atom karbon asimetri dengan nomor paling tinggi (atom C asimetri pada kedudukan paling rendah pada rumus vertikal Fischer). Rumus proyeksi fischer adalah cara umum untuk menggambarkan molekul monosakarida. Proyeksinya biasanya digambar dengan puncak (Lehninger, 1995:315). Suatu monosakarida merupakan anggota *deret-D* jika gugus hidroksil pada karbon kiral terjauh dari karbon 1 juga *terletak di sebelah kanan* dalam proyeksi Fischer (hampir semua karbohidrat alamiah merupakan anggota deret-D). Misalnya dua aldopentosa yang ditunjukkan pada gambar 11 (Fessenden, 1989:321).

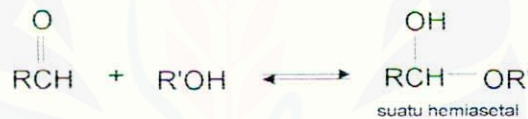
Jika OH pada karbon kiral terakhir diproyeksikan ke *kiri*, maka senyawa itu merupakan anggota deret-L. Dua contoh berikut adalah enantiomer *D*-lyksosa dan *D*-ribosa.

Gambar 12. Enantiomer D -liksosa dan D -ribosa

(Sumber : Fessenden, 1989:322)

Akan tetapi, karena banyak dari aldosa yang mempunyai dua atau lebih pusat kiral, awalan D - dan L - digunakan untuk menunjukkan konfigurasi dari karbon kiral yang paling jauh dari atom karbon karbonil. Monosakarida yang terdapat banyak di alam (dengan pengecualian dihidroksiaseton) dan bersifat optis aktif adalah D -glukosa dan D -fruktosa (Lehninger, 1995:317)..

Glukosa mempunyai suatu gugus aldehida pada karbon 1 dan gugus hidroksil pada karbon 4 dan 5 (seperti juga pada karbon 2, 3 dan 6). Suatu reaksi umum antara alkohol dan aldehida ialah *pembentukan hemiasetal*.

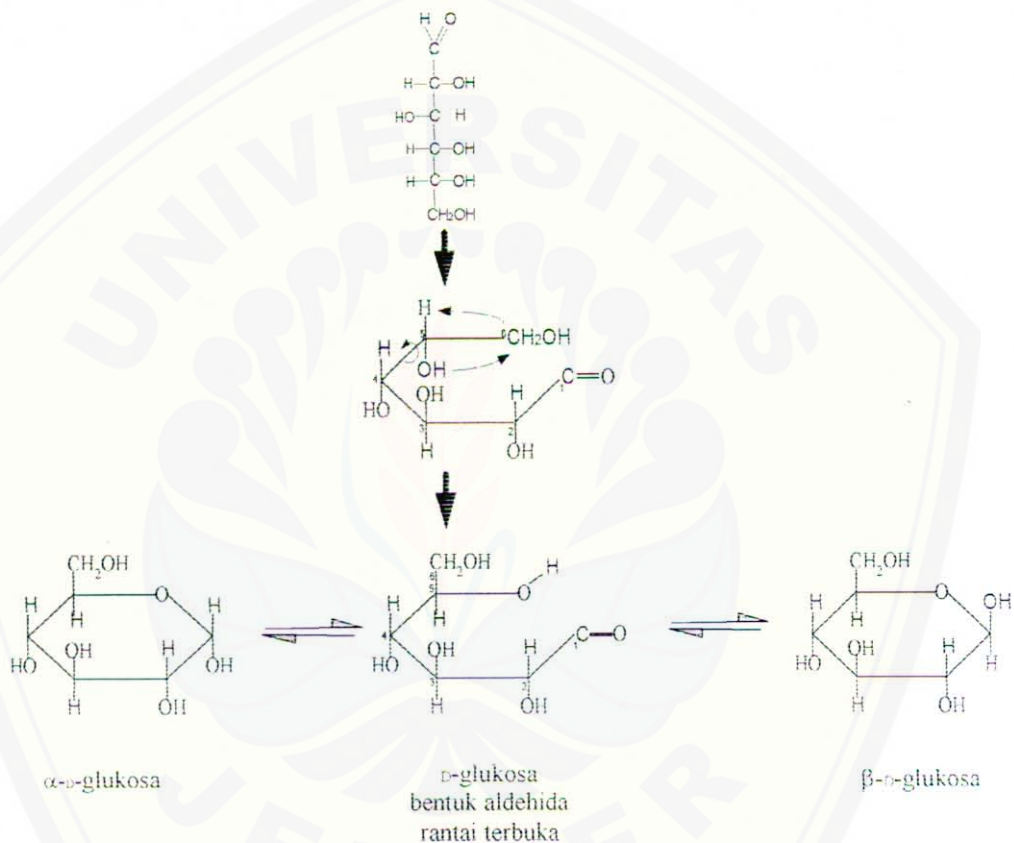


Glukosa dalam larutan air dapat bereaksi intramolekul untuk menghasilkan *hemiasetal siklik*. Suatu monosakarida dalam bentuk hemiasetal cincin lima anggota disebut *furanosa*, sedangkan monosakarida dalam bentuk cincin enam anggota disebut *piranosa* (Fessenden, 1989:326). Istilah furanosa dan piranosa seringkali digabung dengan nama monosakaridanya, misalnya D -glukopiranosa untuk cincin enam anggota dari D -glukosa atau D -fruktofuranosa untuk cincin lima anggota dari D -fruktosa (Fessenden, 1989:325).

Untuk menghasilkan suatu piranosa, gugus hidroksil pada karbon 5 dari glukosa menyerang karbon aldehida, yaitu karbon 1 sehingga terbentuklah suatu gugus hemiasetal. Dua akibat terpenting dari reaksi siklisasi ini adalah bahwa terbentuk sebuah karbon kiral baru (karbon 1) dan dihasilkan sepasang diastereoisomer. Diastereoisomer adalah monosakarida yang berbeda hanya dalam

konfigurasi pada karbon 1 dan disebut *anomer* satu terhadap yang lain. Karbon karbonil dalam monosakarida apa saja adalah *karbon anomerik*.

Dalam rumus Haworth untuk suatu D-glukosa, struktur -OH anomerik diproyeksikan kebawah (trans terhadap CH₂OH ujung) disebut α -anomer, sedangkan apabila -OH anomerik diproyeksikan keatas (cis terhadap CH₂OH ujung) disebut β -anomer. Jadi, kedua D-glukosa anomer dapat disebut α -D-glukosa dan β -D-glukosa (Fessenden, 1989:328).



Gambar 13. Siklisasi D-glukosa menghasilkan diastereoisomer (Sumber : Solomons, 1994:898)

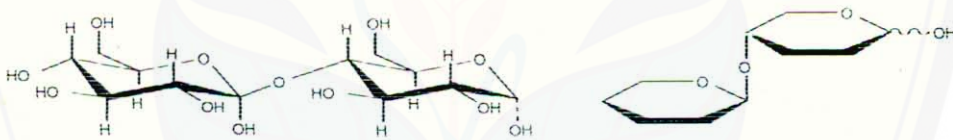
D-glukosa didalam larutan akan mengalami suatu penyetimbangan lambat dengan bentuk rantai terbuka dan dengan anomer lainnya. α -D-glukosa murni mempunyai titik leleh 146° dan rotasi jenis $+112^{\circ}$. Sedangkan β -D-glukosa murni mempunyai titik leleh 150° dan rotasi jenis $+18,7^{\circ}$. Sudut putar spesifik larutan baik rotasi jenis larutan α - maupun β -D-glukosa berubah perlahan-lahan sampai

mencapai harga kesetimbangan sebesar $+52,7^{\circ}$. Perubahan serta-merta yang lambat dari rotasi optis ini disebut *mutarotasi*. Sedangkan sudut putar spesifik D -fruktosa mencapai harga kesetimbangan sebesar $-92,4^{\circ}$ (Fessenden, 1989:329).

2.2.2 Oligosakarida

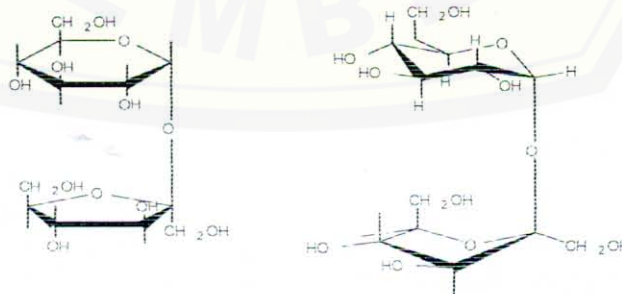
Monosakarida dapat diikat secara bersama-sama untuk membentuk dimer, trimer dan sebagainya dan akhirnya polimer. Karbohidrat yang tersusun dari 2 sampai 8 satuan monosakarida membentuk polimer dirujuk sebagai *oligosakarida* (Yunani, oligo- = beberapa). Sedangkan karbohidrat yang terbentuk dari dimer-dimer disebut *disakarida*.

Suatu disakarida adalah suatu karbohidrat yang tersusun dari dua satuan monosakarida yang dipersatukan oleh suatu hubungan glikosida dari karbon 1 satu satuan ke suatu OH satuan lain. Suatu cara ikatan yang lazim ialah suatu hubungan glikosida α atau β dari satuan pertama ke gugus 4-hidroksil satuan kedua. Hubungan ini disebut suatu ikatan $1,4'$ - α atau $1,4'$ - β , bergantung pada stereokimia pada karbon glikosida.



Gambar 14. Struktur disakarida
(Sumber: Fessenden, 1989:348)

Contoh disakarida adalah sukrosa. Disakarida sukrosa ialah gula pasir biasa dan didapat dari gula bit dan tebu yang merupakan salah satu produk industri organik utama.



Gambar 15. Sukrosa
(Sumber: Fessenden, 1989:351)

Gula yang berasal dari bit ataupun dari tebu, komposisi kimia dari gula adalah sama; satu satuan fruktosa yang digabung dengan satu satuan glukosa. Ikatan glikosida menghubungkan karbon ketal dan asetal dan bersifat β dari fruktosa dan α dari glukosa. Dalam sukrosa, kedua atom karbon anomerik (tidak sekedar satu) digunakan untuk ikatan glikosida. Dalam sukrosa, baik fruktosa maupun glukosa tidak memiliki gugus hemiasetal; oleh karena itu, sukrosa di dalam air tidak berada dalam kesetimbangan dengan suatu bentuk aldehida atau keton. Sukrosa tidak menunjukkan mutarotasi dan bukanlah gula pereduksi (Fessenden, 1989:353). Sifat – sifat fisik sukrosa sebagai berikut :

- a. bentuk kristal monoklin,
- b. densitas $1,606 \text{ g cm}^{-3}$,
- c. keras, mudah larut dalam air dan alkohol encer,
- d. tidak larut dalam kloroform, alkohol absolut, eter dan gliserin,
- e. larutan bersifat optis aktif, memutar bidang polarisasi cahaya monokromatis dengan rotasi spesifik $66,5^{\circ}$ searah jarum jam.

Sedangkan sifat-sifat kimia sukrosa adalah sebagai berikut :

- a. Rumus Molekul : $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$,
- b. bukan gula pereduksi; memberikan hasil negatif dengan uji Benedict & Tollens (Solomons, 1994:921).

Sukrosa sangat dipengaruhi oleh temperatur. Kristal gula (sukrosa) akan meleleh jika dipanaskan pada 160°C dan terurai menjadi glukosa dan levulose.

Pada temperatur yang lebih tinggi antara $190^{\circ} - 220^{\circ} \text{C}$ penguraian akan lebih sempurna dan akan terbentuk karamel. Pada pemanasan lebih lanjut akan terbentuk CO_2 , CO, asam asetat dan aseton. Dengan pemanasan yang cukup lama pada titik didihnya pada tekanan udara luar, larutan sukrosa akan bereaksi dengan air dan terurai menjadi glukosa dan fruktosa.

Gula inversi adalah campuran D-glukosa dan D-fruktosa yang diperoleh dengan hidrolisis asam atau enzimatik dari sukrosa. Nama “gula inversi” diturunkan dari inversi (pembalikan) tanda rotasi jenis bila sukrosa dihidrolisis. Sukrosa mempunyai rotasi jenis $+66,5^{\circ}$, suatu rotasi *positif*. Campuran produk (glukosa, $[\alpha] = +52,7^{\circ}$ dan fruktosa, $[\alpha] = -92,4^{\circ}$) mempunyai rotasi

Lampiran 1

DATA SUDUT PUTAR REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA

TEMPERATUR: 29°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	12,96	12,90	12,96	12,90	13,02	13,02	12,96
10	12,50	12,50	12,65	12,65	12,50	12,50	12,55
15	12,21	12,17	12,17	12,13	12,13	12,21	12,17
20	11,70	11,54	11,68	11,70	11,54	11,68	11,64
25	10,20	10,20	10,08	10,20	10,08	10,08	10,14
30	9,65	9,42	9,65	9,42	9,65	9,40	9,53
35	9,00	9,10	9,05	9,10	9,00	9,05	9,05
40	8,64	8,64	8,50	8,55	8,50	8,55	8,56
45	7,50	7,10	7,50	7,10	7,15	7,15	7,25
50	6,78	6,80	6,80	6,86	6,78	6,86	6,81
55	6,20	6,20	6,32	6,32	6,20	6,32	6,26
60	5,45	5,26	5,48	5,48	5,45	5,45	5,43
65	4,90	4,70	4,82	4,90	4,82	4,70	4,81
70	3,80	3,80	3,80	3,78	3,80	3,78	3,79
75	3,12	3,12	3,10	3,10	3,15	3,15	3,12
80	2,88	2,88	2,92	2,83	2,83	2,92	2,88
85	1,95	2,07	1,74	1,95	2,07	1,74	1,92
90	1,30	1,10	1,10	1,20	1,20	1,30	1,20
95	1,00	0,98	0,98	1,00	0,99	1,00	0,99
100	0,50	0,46	0,46	0,42	0,50	0,42	0,46
105	0,00	-0,05	-0,06	-0,05	-0,08	0,00	-0,04
110	-0,96	-0,68	-0,68	-0,96	-0,82	-0,82	-0,82
115	-1,50	-1,74	-1,50	-1,50	-1,48	-1,48	-1,53
120	-2,10	-2,11	-2,12	-2,09	-2,12	-2,09	-2,11
125	-2,52	-2,64	-2,52	-2,64	-2,52	-2,64	-2,58
130	-2,87	-2,72	-2,87	-2,72	-2,85	-2,72	-2,79
135	-3,18	-3,15	-3,06	-3,18	-3,15	-3,06	-3,13
140	-3,55	-3,50	-3,55	-3,50	-3,52	-3,52	-3,52
145	-3,70	-3,65	-3,68	-3,66	-3,68	-3,65	-3,67
150	-3,64	-3,72	-3,64	-3,68	-3,70	-3,68	-3,68

TEMPERATUR: 40°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	12,06	12,12	12,12	12,06	12,06	12,06	12,08
10	11,63	11,64	11,63	11,52	11,52	11,60	11,59
15	10,30	10,23	10,30	10,26	10,23	10,26	10,26
20	9,64	9,54	9,54	9,64	9,64	9,54	9,59
25	7,90	7,86	7,90	7,86	8,42	7,90	7,97
30	6,15	6,13	6,10	6,15	6,10	6,13	6,13
35	4,70	4,78	4,95	4,70	4,78	4,95	4,81
40	3,80	3,95	3,80	3,95	3,80	3,80	3,85
45	2,02	2,10	2,00	2,10	2,00	2,10	2,05
50	0,92	0,88	1,02	0,88	1,02	0,92	0,94
55	0,45	0,50	0,45	0,45	0,50	0,38	0,46
60	-0,52	-0,48	-0,64	-0,52	-0,48	-0,52	-0,53
65	-1,52	-1,63	-1,63	-1,52	-1,63	-1,63	-1,59
70	-2,66	-2,68	-2,66	-2,60	-2,60	-2,68	-2,65
75	-3,20	-3,20	-3,10	-3,20	-3,10	-3,10	-3,15
80	-3,62	-3,68	-3,66	-3,68	-3,60	-3,66	-3,65
85	-3,68	-3,64	-3,64	-3,66	-3,60	-3,68	-3,65

TEMPERATUR: 50°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	3,23	3,25	3,23	3,20	3,25	3,20	3,23
10	2,94	2,82	2,94	2,82	2,82	2,94	2,88
15	1,45	1,45	1,50	1,50	1,48	1,48	1,48
20	0,77	0,80	0,77	0,91	0,80	0,91	0,83
25	-0,40	-0,52	-0,52	-0,40	-0,52	-0,40	-0,46
30	-1,17	-1,15	-1,23	-1,12	-1,12	-1,23	-1,17
35	-1,58	-1,52	-1,64	-1,58	-1,64	-1,52	-1,58
40	-2,12	-2,10	-2,21	-2,12	-2,12	-2,10	-2,13
45	-2,30	-2,40	-2,45	-2,40	-2,30	-2,45	-2,38
50	-2,60	-2,70	-2,60	-2,72	-2,72	-2,70	-2,67
55	-3,14	-3,17	-3,14	-3,14	-3,17	-3,03	-3,13
60	-3,36	-3,20	-3,22	-3,36	-3,20	-3,22	-3,26
65	-3,55	-3,60	-3,60	-3,55	-3,49	-3,49	-3,55
70	-3,58	-3,58	-3,65	-3,65	-3,65	-3,60	-3,62
75	-3,70	-3,70	-3,64	-3,64	-3,67	-3,67	-3,67
80	-3,65	-3,72	-3,65	-3,72	-3,64	-3,64	-3,67

TEMPERATUR: 60°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	2,80	2,98	2,86	2,80	2,98	2,86	2,88
10	1,02	0,86	1,02	0,86	0,86	1,02	0,94
15	0,45	0,52	0,40	0,52	0,40	0,45	0,46
20	-0,49	-0,50	-0,58	-0,49	-0,50	-0,58	-0,52
25	-1,60	-1,65	-1,60	-1,65	-1,70	-1,70	-1,65
30	-2,15	-2,15	-2,05	-2,15	-2,05	-2,05	-2,10
35	-2,45	-2,45	-2,73	-2,73	-2,58	-2,73	-2,61
40	-3,18	-3,16	-3,08	-3,18	-3,16	-3,08	-3,14
45	-3,14	-3,20	-3,14	-3,14	-3,14	-3,20	-3,16
50	-3,25	-3,20	-3,30	-3,30	-3,20	-3,25	-3,25
55	-3,48	-3,48	-3,38	-3,38	-3,48	-3,38	-3,43
60	-3,58	-3,58	-3,64	-3,58	-3,58	-3,64	-3,60
65	-3,67	-3,65	-3,67	-3,65	-3,67	-3,65	-3,66
70	-3,66	-3,64	-3,68	-3,66	-3,64	-3,68	-3,66

TEMPERATUR: 70°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	0,14	0,10	0,14	0,10	0,18	0,20	0,14
10	-0,56	-0,53	-0,56	-0,53	-0,51	-0,60	-0,55
15	-1,01	-1,07	-1,04	-1,07	-1,04	-1,01	-1,04
20	-1,26	-1,31	-1,31	-1,31	-1,26	-1,26	-1,29
25	-1,60	-1,57	-1,58	-1,58	-1,57	-1,62	-1,59
30	-2,10	-2,09	-2,10	-2,10	-2,12	-2,09	-2,10
35	-2,92	-2,60	-2,60	-2,64	-2,66	-2,60	-2,67
40	-3,12	-3,10	-3,10	-3,15	-3,15	-3,12	-3,12
45	-3,65	-3,63	-3,67	-3,64	-3,64	-3,66	-3,65
50	-3,67	-3,68	-3,68	-3,67	-3,67	-3,66	-3,67
55	-3,64	-3,64	-3,63	-3,64	-3,63	-3,63	-3,64
60	-3,66	-3,68	-3,67	-3,65	-3,65	-3,64	-3,66
65	-3,64	-3,58	-3,68	-3,58	-3,67	-3,64	-3,63
70	-3,15	-3,10	-3,10	-3,20	-3,20	-3,15	-3,15

Lampiran 2

DATA SUDUT PUTAR REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM BROMIDA

TEMPERATUR: 29°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	12,14	12,14	12,10	12,12	12,12	12,10	12,12
10	11,75	11,75	11,70	11,75	11,75	11,70	11,73
15	11,24	11,34	11,44	11,24	11,34	11,44	11,34
20	10,77	10,81	10,77	10,81	10,77	10,81	10,79
25	9,56	9,56	9,20	9,56	9,20	9,56	9,44
30	9,00	9,00	9,00	9,33	9,00	9,33	9,11
35	8,37	8,25	8,37	8,37	8,25	8,24	8,31
40	7,90	7,70	7,90	7,70	7,70	7,90	7,80
45	6,75	6,64	6,75	6,75	6,64	6,75	6,71
50	6,22	6,33	6,11	6,22	6,33	6,11	6,22
55	5,45	5,40	5,45	5,38	5,40	5,38	5,41
60	4,92	4,94	4,92	4,90	4,94	4,90	4,92
65	3,43	3,36	3,40	3,40	3,36	3,40	3,39
70	2,42	2,40	2,45	2,40	2,42	2,45	2,42
75	1,40	1,45	1,40	1,45	1,40	1,45	1,43
80	0,54	0,52	0,54	0,50	0,52	0,50	0,52
85	-0,70	-0,68	-0,70	-0,68	-0,68	-0,70	-0,69
90	-1,35	-1,25	-1,25	-1,35	-1,25	-1,35	-1,30
95	-2,08	-2,06	-2,08	-2,10	-2,06	-2,10	-2,08
100	-2,50	-2,50	-2,48	-2,48	-2,64	-2,64	-2,54
105	-3,00	-3,00	-3,03	-3,00	-3,00	-3,00	-3,01
110	-3,48	-3,50	-3,48	-3,50	-3,48	-3,50	-3,49
115	-3,65	-3,64	-3,65	-3,64	-3,64	-3,64	-3,64
120	-3,67	-3,63	-3,63	-3,67	-3,68	-3,68	-3,66
125	-3,64	-3,64	-3,62	-3,66	-3,62	-3,62	-3,63

TEMPERATUR: 40°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	11,20	11,10	11,20	11,10	11,00	11,00	11,10
10	10,73	10,68	10,73	10,73	10,68	10,73	10,71
15	9,00	8,88	9,00	9,02	8,88	9,02	8,97
20	8,30	8,40	8,52	8,30	8,52	8,40	8,41
25	6,84	6,84	6,90	6,90	6,90	6,84	6,87
30	6,40	6,30	6,38	6,30	6,38	6,30	6,34
35	4,50	4,48	4,50	4,48	4,45	4,45	4,48
40	3,02	2,92	3,05	3,06	3,08	3,05	3,03
45	1,69	1,69	1,79	1,94	1,79	1,94	1,81
50	0,70	0,62	0,70	0,67	0,70	0,62	0,67
55	-0,40	-0,42	-0,40	-0,44	-0,42	-0,44	-0,42
60	-0,70	-0,70	-0,72	-0,72	-0,70	-0,70	-0,71
65	-1,60	-1,70	-1,60	-1,70	-1,70	-1,60	-1,65
70	-2,89	-2,76	-2,84	-2,86	-2,78	-2,86	-2,83
75	-3,34	-3,32	-3,32	-3,37	-3,34	-3,37	-3,34
80	-3,73	-3,60	-3,64	-3,67	-3,60	-3,66	-3,65
85	-3,64	-3,64	-3,68	-3,64	-3,68	-3,62	-3,65

TEMPERATUR: 50°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	2,80	2,88	2,90	2,80	2,90	2,89	2,86
10	1,40	1,30	1,40	1,30	1,40	1,30	1,35
15	0,46	0,46	0,48	0,40	0,46	0,38	0,44
20	-0,32	-0,36	-0,32	-0,32	-0,36	-0,36	-0,34
25	-1,10	-1,05	-1,07	-1,10	-1,05	-1,07	-1,07
30	-1,68	-1,52	-1,57	-1,68	-1,57	-1,70	-1,62
35	-2,02	-2,04	-2,06	-2,04	-2,02	-2,06	-2,04
40	-2,60	-2,66	-2,60	-2,60	-2,64	-2,62	-2,62
45	-2,76	-2,80	-2,82	-2,76	-2,80	-2,82	-2,79
50	-3,25	-3,12	-3,18	-3,25	-3,18	-3,18	-3,19
55	-3,34	-3,31	-3,34	-3,22	-3,31	-3,22	-3,29
60	-3,50	-3,41	-3,40	-3,44	-3,44	-3,40	-3,43
65	-3,70	-3,63	-3,63	-3,62	-3,70	-3,62	-3,65
70	-3,65	-3,68	-3,67	-3,68	-3,67	-3,67	-3,67
75	-3,70	-3,65	-3,65	-3,68	-3,65	-3,70	-3,67

TEMPERATUR: 60°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	0,43	0,37	0,43	0,32	0,33	0,35	0,37
10	-0,60	-0,64	-0,64	-0,76	-0,60	-0,76	-0,67
15	-1,60	-1,55	-1,55	-1,50	-1,45	-1,45	-1,52
20	-1,75	-1,79	-1,75	-1,80	-1,75	-1,79	-1,77
25	-2,47	-2,50	-2,48	-2,48	-2,48	-2,50	-2,49
30	-2,89	-2,85	-2,87	-2,89	-2,85	-2,87	-2,87
35	-3,11	-3,03	-3,10	-3,06	-3,07	-3,06	-3,07
40	-3,20	-3,26	-3,20	-3,25	-3,26	-3,21	-3,23
45	-3,40	-3,42	-3,40	-3,42	-3,40	-3,40	-3,41
50	-3,43	-3,43	-3,48	-3,43	-3,43	-3,48	-3,45
55	-3,50	-3,43	-3,48	-3,43	-3,48	-3,40	-3,45
60	-3,62	-3,62	-3,63	-3,63	-3,63	-3,63	-3,63
65	-3,64	-3,67	-3,68	-3,65	-3,67	-3,64	-3,66
70	-3,64	-3,64	-3,63	-3,63	-3,64	-3,68	-3,64

TEMPERATUR: 70°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
5	-0,60	-0,60	-0,62	-0,60	-0,62	-0,60	-0,61
10	-1,10	-1,08	-1,13	-1,10	-1,08	-1,13	-1,10
15	-1,30	-1,32	-1,30	-1,35	-1,32	-1,35	-1,32
20	-1,63	-1,56	-1,57	-1,57	-1,63	-1,60	-1,59
25	-2,10	-2,20	-2,15	-2,10	-2,15	-2,20	-2,15
30	-2,59	-2,65	-2,59	-2,65	-2,59	-2,65	-2,62
35	-3,60	-3,61	-3,65	-3,68	-3,68	-3,68	-3,65
40	-3,70	-3,68	-3,64	-3,64	-3,67	-3,70	-3,67
45	-3,60	-3,64	-3,67	-3,67	-3,64	-3,65	-3,65
50	-3,38	-3,32	-3,32	-3,39	-3,39	-3,30	-3,35
55	-3,21	-3,27	-3,27	-3,24	-3,24	-3,21	-3,24
60	-3,15	-3,12	-3,15	-3,12	-3,10	-3,10	-3,12
65	-2,64	-2,57	-2,64	-2,57	-2,64	-2,57	-2,61
70	-2,10	-2,12	-2,10	-2,06	-2,06	-2,08	-2,09

Lampiran 3

DATA SUDUT PUTAR REAKSI HIDROLISIS SUKROSA TANPA KATALIS

TEMPERATUR: 29°C

t	α	α	α	α	α	α	α
10	26,15	26,15	26,18	26,16	26,18	26,16	26,16
20	25,75	25,74	25,74	25,72	25,74	25,74	25,74
30	25,49	25,48	25,52	25,48	25,52	25,49	25,50
40	25,21	25,19	25,22	25,22	25,19	25,21	25,21
50	25,03	25,06	25,04	25,06	25,03	25,06	25,05
60	24,70	24,70	24,69	24,72	24,70	24,70	24,70
70	24,46	24,48	24,46	24,50	24,48	24,50	24,48
80	24,18	24,21	24,18	24,21	24,18	24,21	24,20
90	23,97	23,98	23,97	23,97	23,98	23,97	23,97
100	23,22	23,27	23,27	23,22	23,27	23,25	23,25
110	23,10	23,10	23,08	23,08	23,08	23,08	23,09
120	23,03	23,05	23,03	23,07	23,03	23,07	23,05
1440	19,00	19,02	19,00	18,99	19,02	19,02	19,01
2880	11,48	11,45	11,45	11,50	11,50	11,48	11,48
4320	3,90	3,90	3,88	3,92	3,90	3,90	3,90
5640	-3,25	-3,28	-3,30	-3,25	-3,28	-3,27	-3,27
5700	-3,56	-3,60	-3,56	-3,58	-3,60	-3,58	-3,58
5710	-3,63	-3,60	-3,64	-3,65	-3,64	-3,60	-3,63
5720	-3,67	-3,66	-3,67	-3,67	-3,66	-3,67	-3,67
5730	-3,68	-3,67	-3,68	-3,68	-3,70	-3,68	-3,68

TEMPERATUR: 50°C

t	α	α	α	α	α	α	α
10	23,10	23,18	23,15	23,18	23,14	23,18	23,16
20	22,78	22,82	22,82	22,81	22,80	22,80	22,81
30	22,77	22,75	22,79	22,78	22,76	22,77	22,77
40	22,70	22,73	22,68	22,73	22,70	22,70	22,71
50	22,38	22,36	22,36	22,34	22,35	22,36	22,36
60	21,71	21,70	21,72	21,70	21,72	21,75	21,72
70	21,32	21,36	21,34	21,35	21,35	21,34	21,34
80	20,80	20,85	20,86	20,81	20,83	20,82	20,83
90	20,70	20,70	20,70	20,75	20,75	20,72	20,72
100	20,30	20,35	20,33	20,32	20,30	20,31	20,32
110	19,78	19,78	19,80	19,82	19,83	19,78	19,80
120	19,68	19,73	19,70	19,72	19,70	19,72	19,71
1440	8,90	8,85	8,93	8,85	8,88	8,90	8,89
2430	-2,72	-2,75	-2,72	-2,78	-2,72	-2,70	-2,73
2440	-2,85	-2,80	-2,80	-2,83	-2,83	-2,80	-2,82
2450	-3,02	-3,05	-3,00	-2,88	-3,02	-3,00	-3,00
2460	-3,18	-3,15	-3,16	-3,16	-3,15	-3,16	-3,16
2470	-3,30	-3,35	-3,36	-3,35	-3,36	-3,36	-3,35
2480	-3,50	-3,50	-3,56	-3,53	-3,55	-3,50	-3,52
2490	-3,59	-3,58	-3,58	-3,56	-3,48	-3,60	-3,57
2500	-3,67	-3,65	-3,66	-3,65	-3,66	-3,65	-3,66
2510	-3,68	-3,65	-3,67	-3,65	-3,68	-3,64	-3,66

TEMPERATUR: 40°C

t	α	α	α	α	α	α	α
10	25,27	25,25	25,27	25,27	25,25	25,28	25,27
20	25,07	25,09	25,08	25,08	25,07	25,08	25,08
30	24,82	24,79	24,78	24,78	24,79	24,82	24,80
40	24,07	24,08	24,07	24,06	24,08	24,08	24,07
50	23,99	23,94	23,97	23,94	23,96	23,97	23,96
60	23,67	23,69	23,67	23,69	23,69	23,69	23,68
70	23,37	23,40	23,37	23,40	23,35	23,48	23,40
80	23,09	23,12	23,15	23,12	23,08	23,15	23,12
90	22,85	22,77	22,80	22,85	22,77	22,85	22,82
100	22,52	22,56	22,53	22,56	22,53	22,53	22,54
110	22,02	22,00	22,00	22,05	22,00	21,95	22,00
120	21,71	21,70	21,70	21,70	21,75	21,75	21,72
1440	17,90	17,93	17,95	17,93	17,95	17,90	17,93
2880	8,30	8,30	8,31	8,32	8,30	8,31	8,31
4320	0,62	0,60	0,63	0,60	0,62	0,63	0,62
4760	-2,80	-2,82	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80
4770	-2,94	-2,97	-2,96	-2,97	-2,93	-2,95	-2,95
4780	-3,05	-3,10	-3,00	-3,10	-3,06	-3,00	-3,05
4790	-3,13	-3,15	-3,12	-3,13	-3,12	-3,13	-3,13
4800	-3,23	-3,27	-3,28	-3,23	-3,25	-3,23	-3,25
4810	-3,38	-3,36	-3,37	-3,38	-3,34	-3,33	-3,36
4820	-3,50	-3,48	-3,48	-3,50	-3,48	-3,48	-3,49
4830	-3,62	-3,60	-3,63	-3,62	-3,64	-3,62	-3,62
4840	-3,67	-3,62	-3,65	-3,66	-3,65	-3,65	-3,65

TEMPERATUR: 60°C

t	α	α	α	α	α	α	α
10	22,18	22,18	22,15	22,16	22,16	22,18	22,17
20	21,95	21,97	21,88	21,89	21,88	21,90	21,91
30	21,69	21,70	21,68	21,69	21,66	21,68	21,68
40	20,95	21,00	20,99	21,00	20,95	21,00	20,98
50	20,35	20,33	20,36	20,35	20,33	20,35	20,35
60	19,98	20,00	19,98	20,04	20,00	20,04	20,01
70	19,75	19,74	19,78	19,78	19,76	19,75	19,76
80	19,28	19,30	19,30	19,32	19,30	19,32	19,30
90	19,05	19,05	19,08	19,05	19,10	19,05	19,06
100	18,87	18,82	18,78	18,83	18,83	18,83	18,83
110	18,54	18,54	18,41	18,54	18,51	18,51	18,51
120	18,30	18,26	18,29	18,28	18,30	18,30	18,29
1380	-2,37	-2,36	-2,39	-2,41	-2,39	-2,43	-2,39
1390	-2,66	-2,79	-2,79	-2,83	-2,74	-2,84	-2,78
1400	-3,06	-3,06	-3,09	-3,09	-3,09	-3,06	-3,08
1410	-3,41	-3,42	-3,41	-3,39	-3,43	-3,40	-3,41
1420	-3,51	-3,51	-3,55	-3,51	-3,52	-3,51	-3,52
1430	-3,59	-3,58	-3,59	-3,61	-3,62	-3,62	-3,60
1440	-3,69	-3,70	-3,67	-3,65	-3,65	-3,62	-3,66
1450	-3,66	-3,66	-3,67	-3,68	-3,67	-3,68	-3,67

lanjutan lampiran 3

TEMPERATUR: 70°C

t	α	α	α	α	α	α	αt
10	21,75	21,78	21,74	21,74	21,75	21,75	21,75
20	21,61	21,65	21,62	21,61	21,65	21,63	21,63
30	21,35	21,40	21,35	21,35	21,36	21,38	21,37
40	21,26	21,22	21,22	21,22	21,23	21,24	21,23
50	21,00	20,92	20,98	20,98	20,92	20,98	20,96
60	20,80	20,75	20,77	20,77	20,80	20,78	20,78
70	19,88	19,92	19,88	19,88	19,92	19,92	19,90
80	19,21	19,25	19,22	19,22	19,23	19,23	19,23
90	18,92	18,90	18,95	18,92	18,90	18,92	18,92
100	18,47	18,50	18,45	18,45	18,50	18,47	18,47
110	18,00	18,00	17,98	18,00	18,00	18,00	18,00
120	17,45	17,43	17,43	17,45	17,40	17,43	17,43
1140	-2,12	-2,15	-2,14	-2,14	-2,12	-2,15	-2,14
1150	-2,40	-2,36	-2,36	-2,40	-2,40	-2,36	-2,38
1160	-2,59	-2,62	-2,62	-2,60	-2,62	-2,57	-2,60
1170	-2,83	-2,84	-2,80	-2,86	-2,80	-2,86	-2,83
1180	-3,17	-3,12	-3,12	-3,14	-3,14	-3,17	-3,14
1190	-3,40	-3,41	-3,40	-3,40	-3,41	-3,40	-3,40
1200	-3,67	-3,64	-3,64	-3,66	-3,66	-3,65	-3,65
1210	-3,68	-3,67	-3,64	-3,65	-3,68	-3,67	-3,67

Lampiran 4

PENENTUAN ROTASI JENIS SUKROSA

Ulangan	Sudut Putar
α_0	26,56
α_0	26,14
α_0	26,43
α_0	26,56
α_0	25,70
α_0	25,70
α_0 rata-rata	26,18

$$STDev = 0,4034$$

$$RSD = \frac{STDev}{\alpha_{rata-rata}} \times 100\% = \frac{0,4034}{26,18} \times 100\% = 1,5409\%$$

Penentuan rotasi spesifik sukrosa :

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{\alpha}{l \cdot C}$$

dimana : α = rotasi optik yang terbaca

l = panjang larutan yang dilewati cahaya (dm)

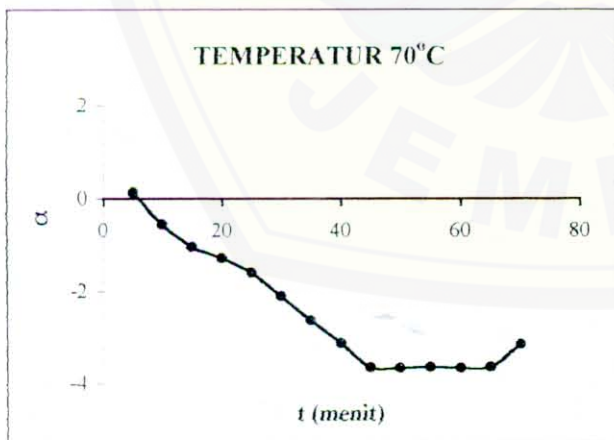
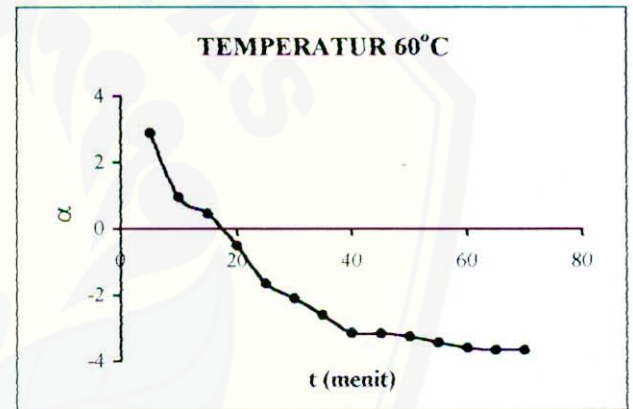
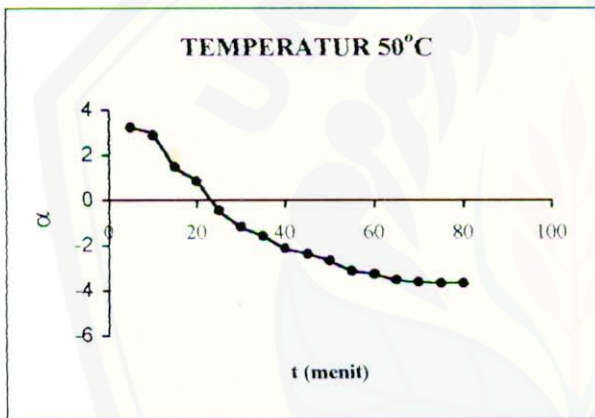
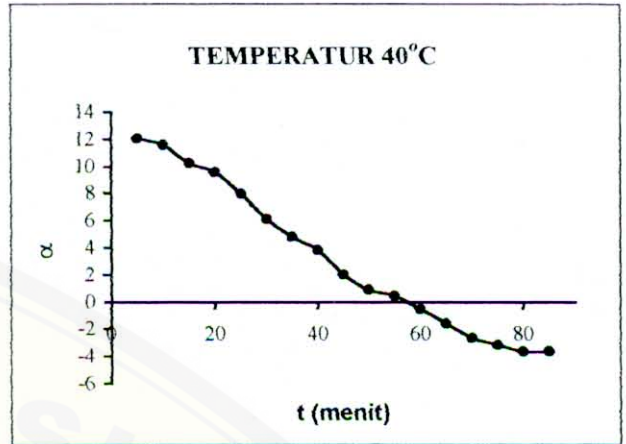
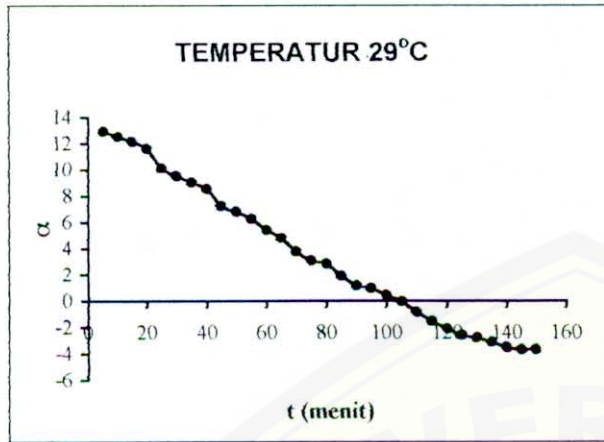
C = konsentrasi sukrosa (g/mL)

Sehingga:

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{26,18}{0,2 \text{ dm} \times 2 \text{ g/mL}} = 65,45^{\circ}$$

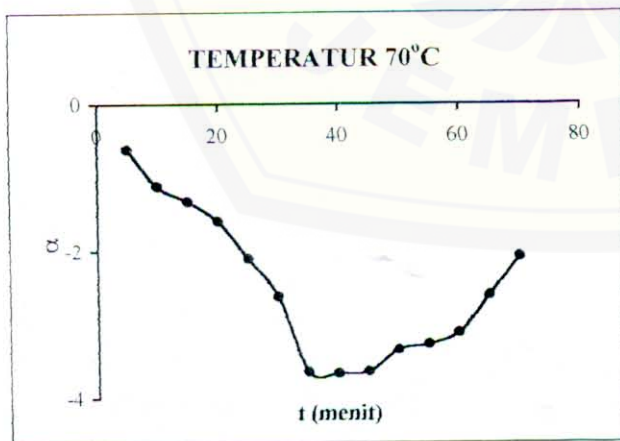
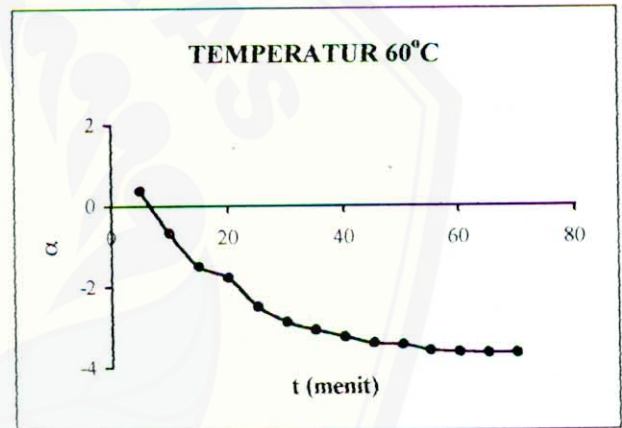
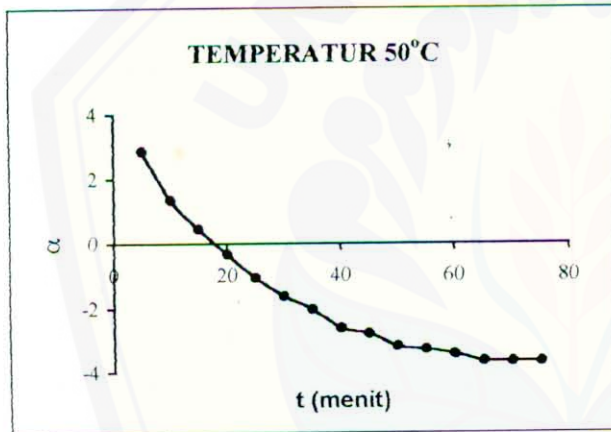
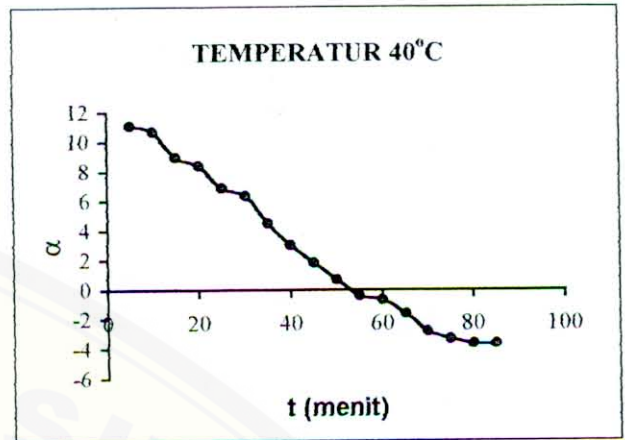
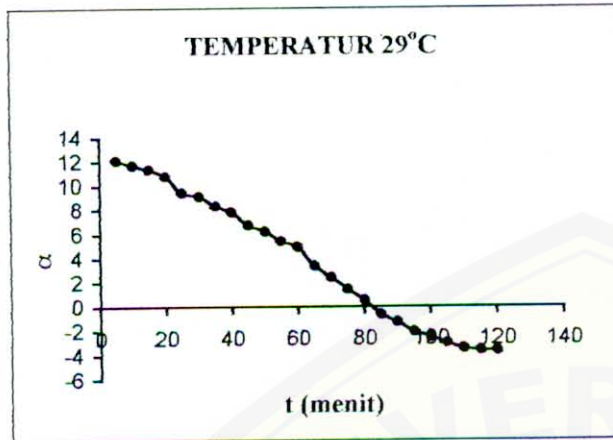
Lampiran 5

GRAFIK SUDUT PUTAR REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA



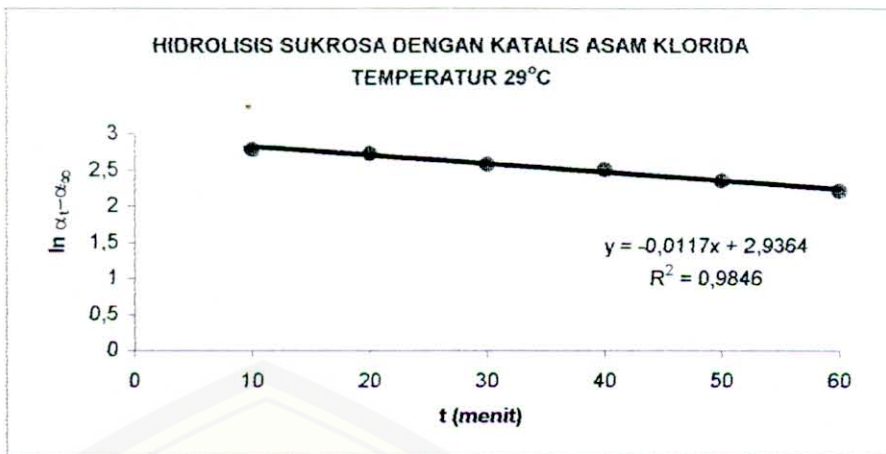
Lampiran 6

GRAFIK SUDUT PUTAR REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM BROMIDA

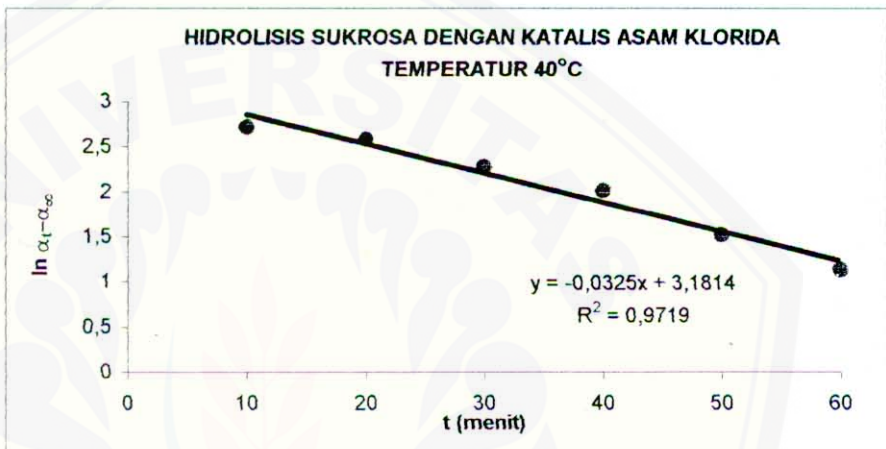


GRAFIK PENENTUAN KONSTANTA LAJU REAKSI HIDROLISIS SUKROSA DENGAN KATALIS ASAM KLORIDA

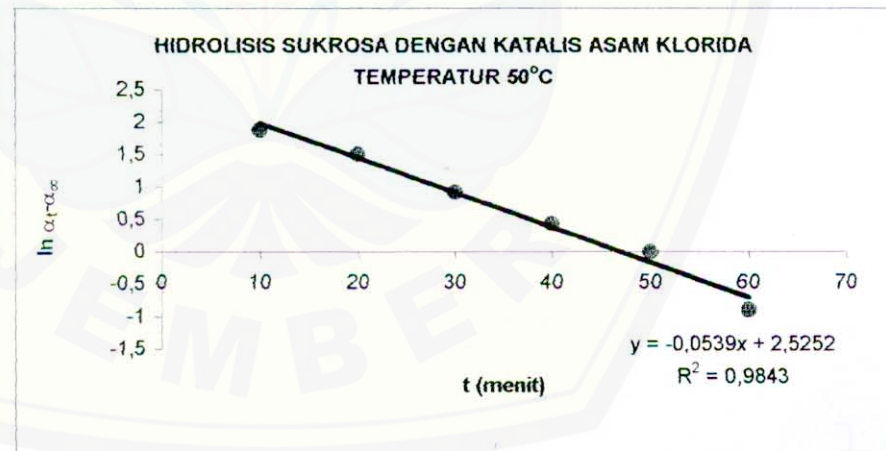
t (menit)	α_t	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha_t - \alpha_\infty$
10	12,55	16,22	2,7862
20	11,64	15,31	2,7285
30	9,53	13,20	2,5802
40	8,56	12,23	2,5039
50	6,81	10,48	2,3495
60	5,43	9,10	2,2083



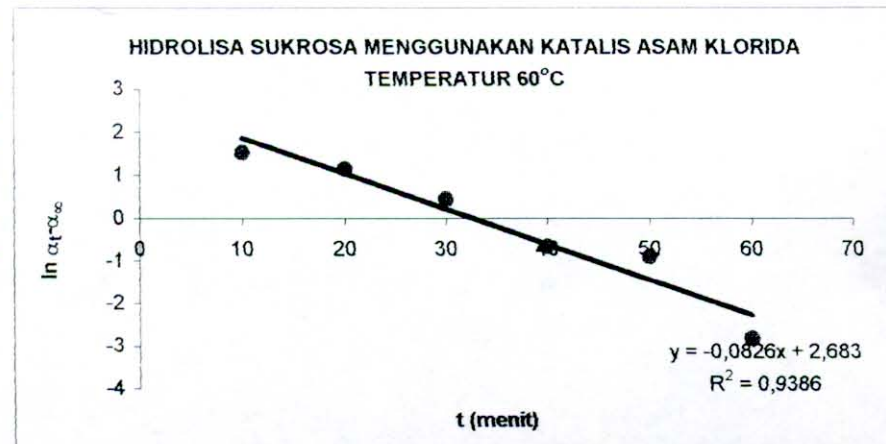
t (menit)	α_t	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha_t - \alpha_\infty$
10	11,59	15,24	2,7239
20	9,59	13,24	2,5832
30	6,13	9,78	2,2803
40	3,85	7,50	2,0149
50	0,94	4,59	1,5239
60	-0,53	3,12	1,1378



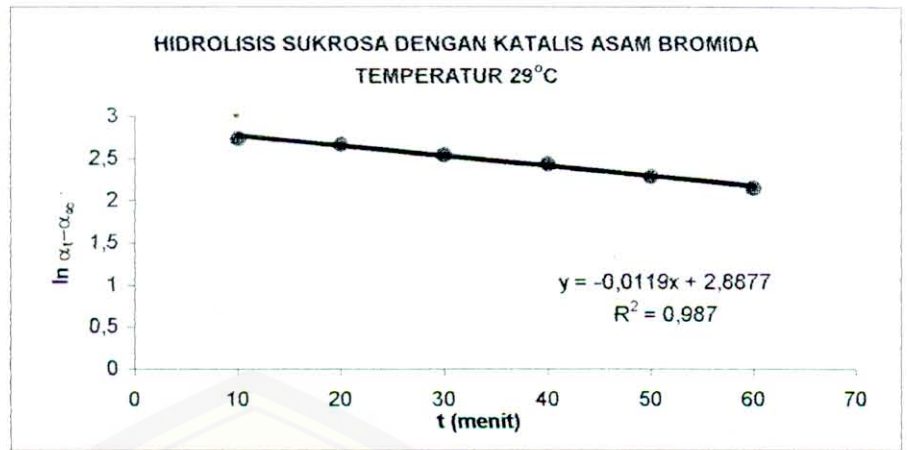
t (menit)	α_t	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha_t - \alpha_\infty$
10	2,88	6,55	1,8795
20	0,83	4,50	1,5041
30	-1,17	2,50	0,9163
40	-2,13	1,54	0,4318
50	-2,67	1,00	0
60	-3,26	0,41	-0,8916



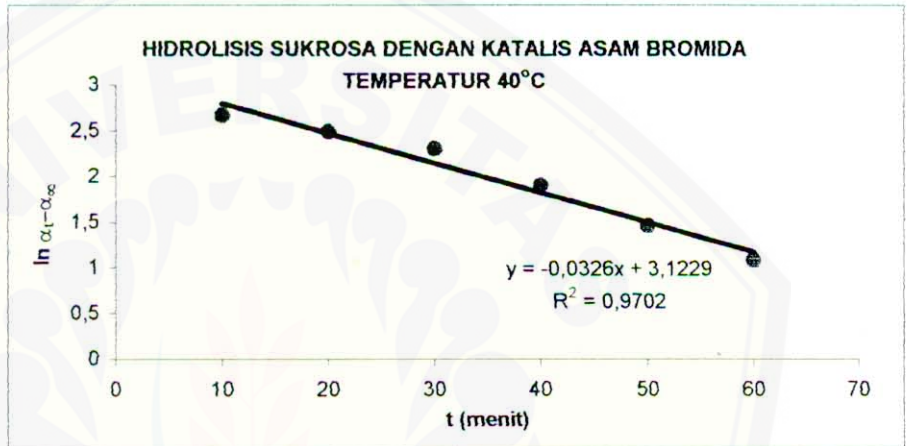
t (menit)	α_t	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha_t - \alpha_\infty$
10	0,94	4,60	1,5261
20	-0,52	3,14	1,1442
30	-2,10	1,56	0,4447
40	-3,14	0,52	-0,6539
50	-3,25	0,41	-0,8916
60	-3,60	0,06	-2,8134



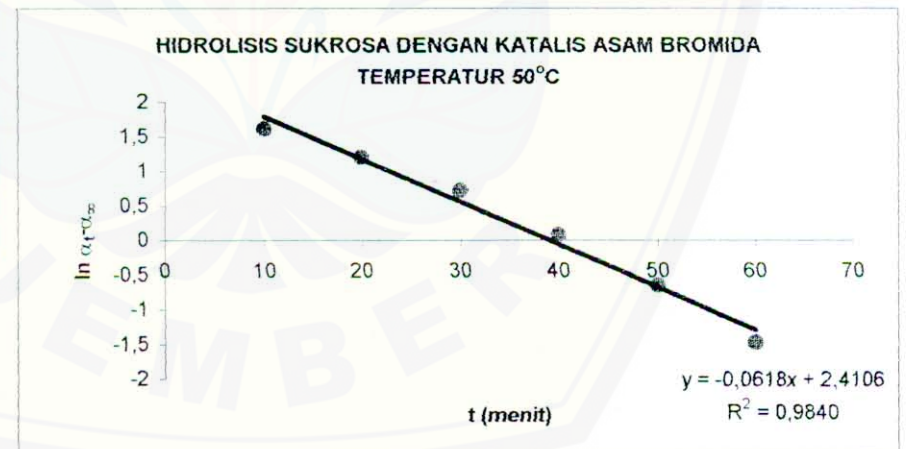
t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	11,73	15,37	2,7324
20	10,79	14,43	2,6693
30	9,11	12,75	2,5455
40	7,80	11,44	2,4371
50	6,22	9,86	2,2885
60	4,92	8,56	2,1471



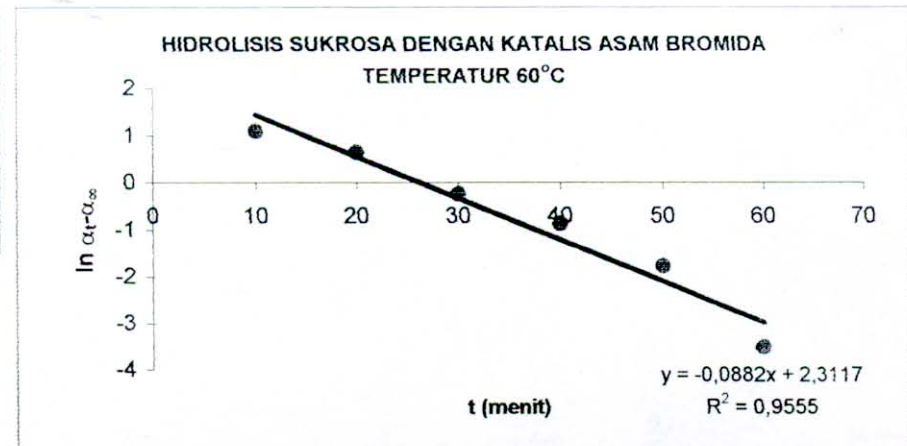
t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	10,71	14,36	2,6644
20	8,41	12,06	2,4899
30	6,34	9,99	2,3016
40	3,03	6,68	1,8991
50	0,67	4,32	1,4633
60	-0,71	2,95	1,0818



t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	1,35	5,02	1,6134
20	-0,34	3,33	1,2030
30	-1,62	2,05	0,7178
40	-2,62	1,08	0,0770
50	-3,19	0,52	-0,6539
60	-3,43	0,23	-1,4697

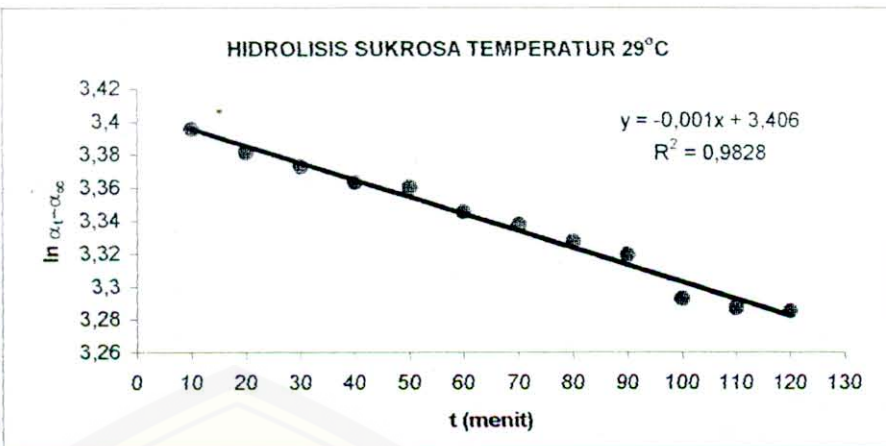


t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	-0,67	2,99	1,0953
20	-1,77	1,89	0,6366
30	-2,87	0,79	-0,2357
40	-3,23	0,42	-0,8675
50	-3,47	0,17	-1,7720
60	-3,63	0,03	-3,5066

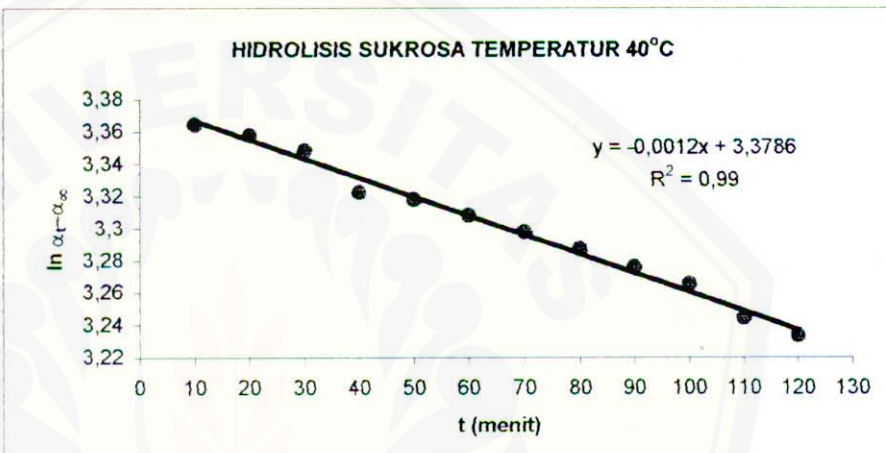


GRAFIK PENENTUAN KONSTANTA LAJU REAKSI HIDROLISIS SUKROSA TANPA KATALIS

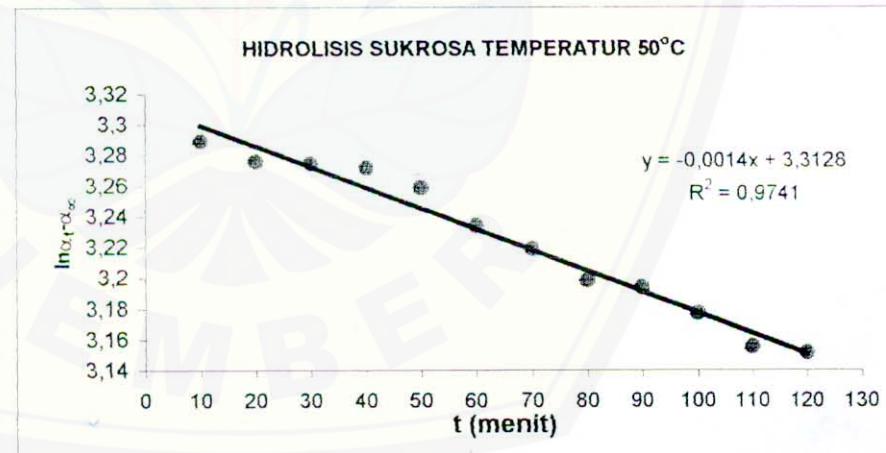
t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	26,16	29,83	3,3955
20	25,74	29,41	3,3813
30	25,50	29,17	3,3731
40	25,21	28,88	3,3631
50	25,05	28,80	3,3604
60	24,70	28,35	3,3453
70	24,48	28,15	3,3375
80	24,20	27,87	3,3276
90	23,97	27,64	3,3193
100	23,25	26,92	3,2929
110	23,09	26,77	3,2873
120	23,05	26,72	3,2854



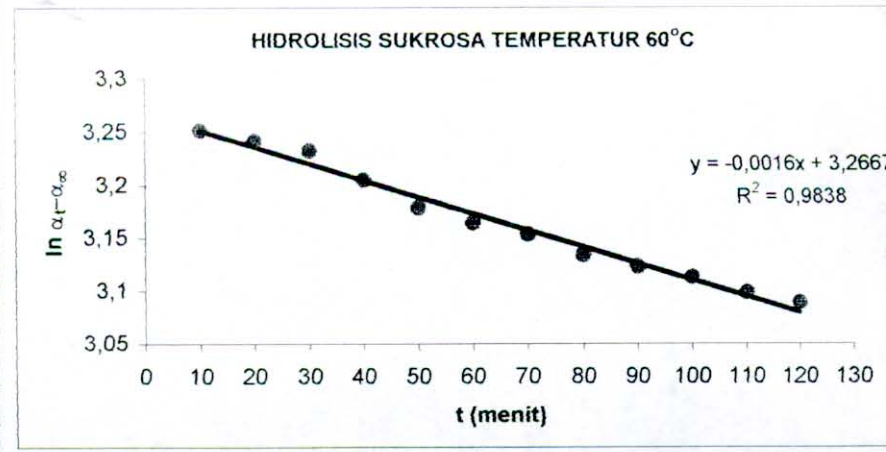
t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	25,27	28,92	3,3645
20	25,08	28,73	3,3579
30	24,80	28,45	3,3481
40	24,07	27,72	3,3222
50	23,96	27,61	3,3182
60	23,68	27,33	3,3080
70	23,40	27,05	3,2977
80	23,12	26,77	3,2873
90	22,82	26,47	3,2760
100	22,54	26,19	3,2653
110	22,00	25,65	3,2445
120	21,72	25,37	3,2336



t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	23,16	26,82	3,2891
20	22,81	26,47	3,2760
30	22,77	26,43	3,2745
40	22,71	26,36	3,2718
50	22,36	26,02	3,2589
60	21,72	25,38	3,2340
70	21,34	25,00	3,2189
80	20,83	24,49	3,1983
90	20,72	24,39	3,1938
100	20,32	23,98	3,1772
110	19,80	23,46	3,1553
120	19,71	23,37	3,1515

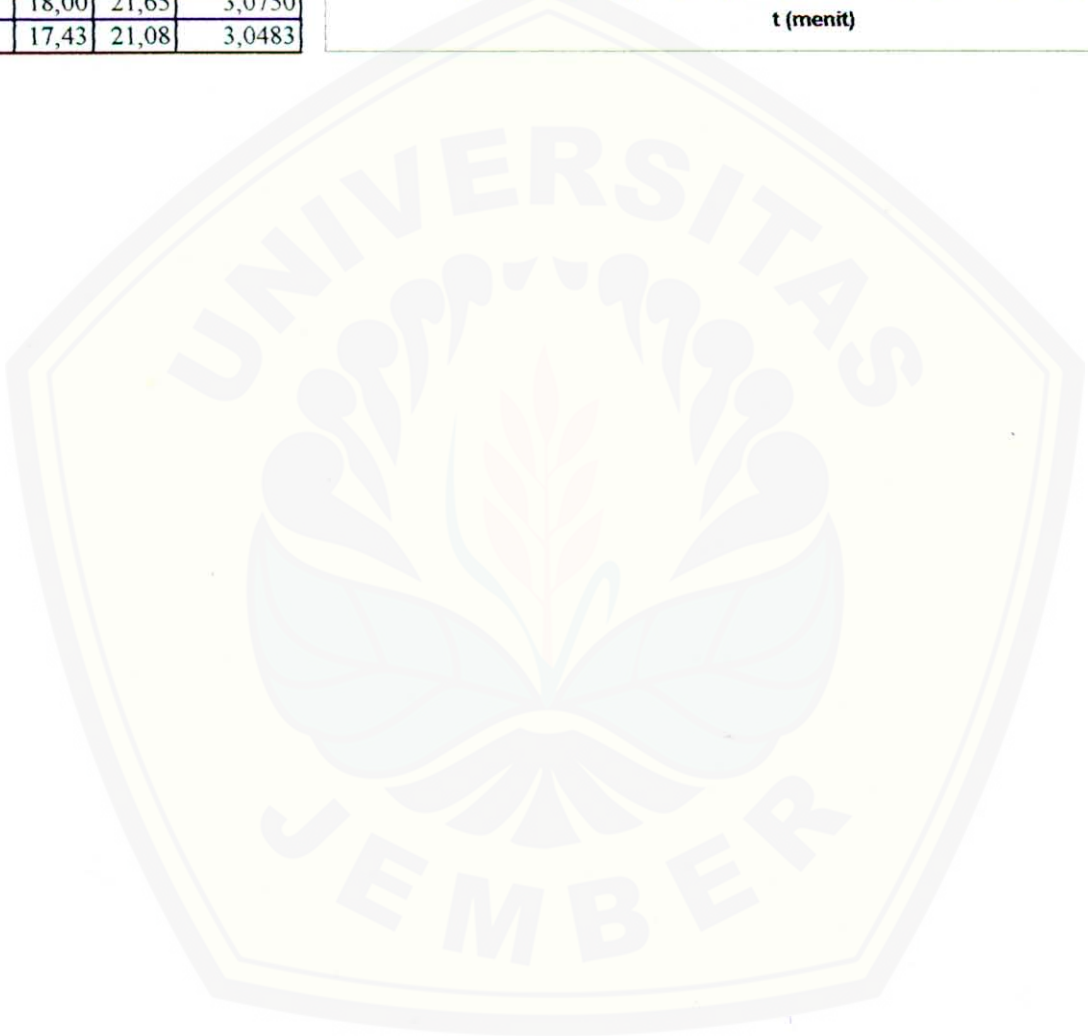
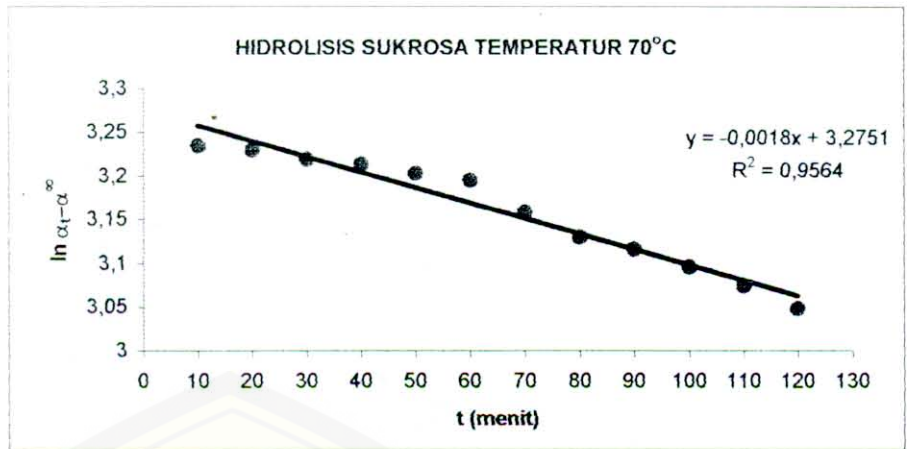


t (menit)	αt	$\alpha_t - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	22,17	25,83	3,2515
20	21,91	25,57	3,2414
30	21,68	25,34	3,2324
40	20,98	24,65	3,2048
50	20,35	24,01	3,1785
60	20,01	23,67	3,1642
70	19,76	23,42	3,1536
80	19,30	22,96	3,1338
90	19,06	22,72	3,1233
100	18,83	22,49	3,1131
110	18,51	22,17	3,0987
120	18,29	21,95	3,0889



lanjutan lampiran 9

t (menit)	αt	$\alpha_i - \alpha_\infty$	$\ln \alpha t - \alpha_\infty$
10	21,75	25,40	3,2347
20	21,63	25,28	3,2300
30	21,37	25,02	3,2197
40	21,23	24,88	3,2141
50	20,96	24,62	3,2036
60	20,78	24,43	3,1958
70	19,90	23,55	3,1591
80	19,23	22,88	3,1303
90	18,92	22,57	3,1166
100	18,47	22,12	3,0965
110	18,00	21,65	3,0750
120	17,43	21,08	3,0483



Lampiran 10

PENENTUAN LAJU REAKSI HIDROLISIS SUKROSA

Laju reaksi pada saat 10 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5593	0,0006	0,0117	0,5026	0,0059	0,0119	0,5016	0,0060
40	0,0012	0,5582	0,0007	0,0325	0,4082	0,0133	0,0326	0,4078	0,0133
50	0,0014	0,5571	0,0008	0,0539	0,3296	0,0178	0,0618	0,3045	0,0188
60	0,0016	0,5560	0,0009	0,0826	0,2473	0,0204	0,0882	0,2339	0,0206
70	0,0018	0,5549	0,0010						

Laju reaksi pada saat 20 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5538	0,0006	0,0117	0,4471	0,0052	0,0119	0,4453	0,0053
40	0,0012	0,5516	0,0007	0,0325	0,2949	0,0096	0,0326	0,2944	0,0096
50	0,0014	0,5494	0,0008	0,0539	0,1922	0,0104	0,0618	0,1641	0,0101
60	0,0016	0,5472	0,0009	0,0826	0,1083	0,0089	0,0882	0,0968	0,0085
70	0,0018	0,5450	0,0010						

Laju reaksi pada saat 30 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5483	0,0005	0,0117	0,3977	0,0047	0,0119	0,3954	0,0047
40	0,0012	0,5450	0,0007	0,0325	0,2131	0,0069	0,0326	0,2125	0,0069
50	0,0014	0,5417	0,0008	0,0539	0,1121	0,0060	0,0618	0,0885	0,0055
60	0,0016	0,5385	0,0009	0,0826	0,0474	0,0039	0,0882	0,0401	0,0035
70	0,0018	0,5353	0,0010						

Laju reaksi pada saat 40 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5428	0,0005	0,0117	0,3538	0,0041	0,0119	0,3510	0,0042
40	0,0012	0,5385	0,0006	0,0325	0,1540	0,0050	0,0326	0,1534	0,0050
50	0,0014	0,5342	0,0007	0,0539	0,0654	0,0035	0,0618	0,0477	0,0029
60	0,0016	0,5299	0,0008	0,0826	0,0208	0,0017	0,0882	0,0166	0,0015
70	0,0018	0,5257	0,0009						

Laju reaksi pada saat 50 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5374	0,0005	0,0117	0,3147	0,0037	0,0119	0,3116	0,0037
40	0,0012	0,5321	0,0006	0,0325	0,1112	0,0036	0,0326	0,1107	0,0036
50	0,0014	0,5268	0,0007	0,0539	0,0382	0,0021	0,0618	0,0257	0,0016
60	0,0016	0,5215	0,0008	0,0826	0,0091	0,0008	0,0882	0,0069	0,0006
70	0,0018	0,5163	0,0009						

Laju reaksi pada saat 60 menit

Temperatur (C)	Laju Reaksi Hidrolisa sukrosa								
	KH ₂ O	[S]	VH ₂ O	KHCl	[S]	VHCL	KHBr	[S]	VHBR
29	0,0010	0,5321	0,0005	0,0117	0,2800	0,0033	0,0119	0,2767	0,0033
40	0,0012	0,5257	0,0006	0,0325	0,0804	0,0026	0,0326	0,0799	0,0026
50	0,0014	0,5195	0,0007	0,0539	0,0223	0,0012	0,0618	0,0139	0,0009
60	0,0016	0,5133	0,0008	0,0826	0,0040	0,0003	0,0882	0,0028	0,0003
70	0,0018	0,5071	0,0009						

Lampiran 11

UJI STATISTIK $t_n (\alpha_0 - \alpha_-)$

Temperatur (°C)	HCl		HBr		tanpa katalis	
	X_1	X^2	Y_1	Y^2	Z_1	Z^2
29	2.9131	8.4862	2.8655	8.2111	3.406	11.6008
40	3.0943	9.5747	3.0408	9.2465	3.3786	11.4149
50	2.4192	5.8525	2.3369	5.4611	3.3128	10.9746
60	2.5155	6.3277	2.1287	4.5314	3.3267	11.0669
Jumlah (Σ)	10.9421	30.2411	10.3719	27.4500	13.4241	45.0574
SS	0.3087		0.5559		0.0058	

$$SS_X = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} = (30,2411)^2 - \frac{(10,9421)^2}{4} = 0,3087$$

$$SS_Y = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} = (27,4500)^2 - \frac{(10,3719)^2}{4} = 0,5559$$

$$SS_Z = \Sigma Z^2 - \frac{(\Sigma Z)^2}{n} = (45,0574)^2 - \frac{(13,4241)^2}{4} = 0,0058$$

t-tes untuk asam klorida (HCl) dan asam bromida (HBr)

$$t_1 = \frac{\Sigma \bar{X} - \Sigma \bar{Y}}{\sqrt{\left(\frac{SS_X - SS_Y}{n_X - n_Y} \right) - 2 \left[\frac{1}{n_X} + \frac{1}{n_Y} \right]}} = \frac{2,7355 - 2,5930}{\sqrt{\frac{0,3087 - 0,5559}{(4-4)-2}}} = 0,9928$$

$t_{tabel} < t_{hitung} = 0,38 < 0,9928$ (ada perbedaan yang signifikan)

t-tes untuk asam klorida (HCl) dan tanpa katalis

$$t_2 = \frac{\Sigma \bar{X} - \Sigma \bar{Z}}{\sqrt{\left(\frac{SS_X - SS_Z}{n_X - n_Z} \right) - 2 \left[\frac{1}{n_X} + \frac{1}{n_Z} \right]}} = \frac{2,7355 - 3,3560}{\sqrt{\frac{0,3087 - 0,0058}{(4-4)-2}}} = 3,9056$$

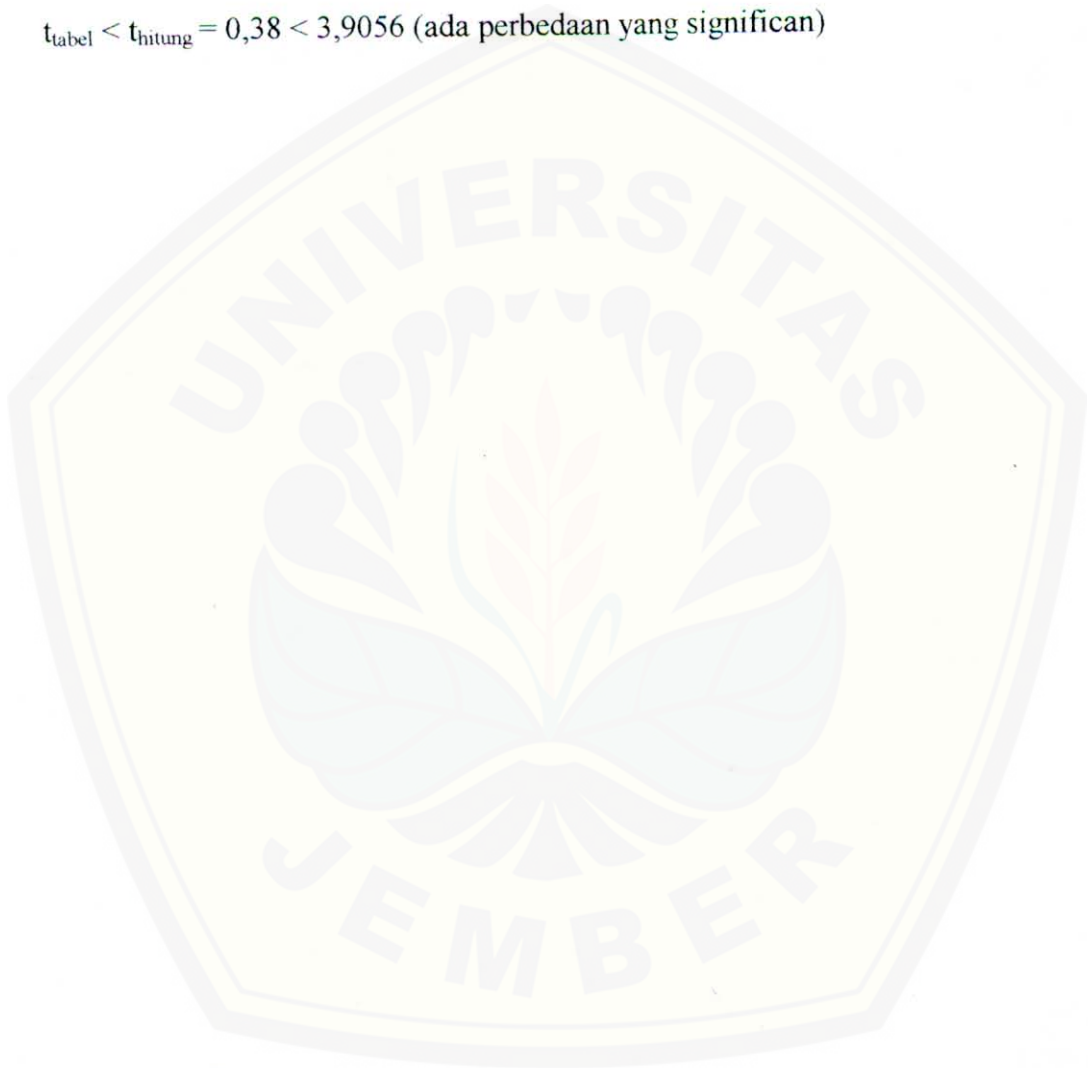
$t_{tabel} < t_{hitung} = 0,38 < 3,9056$ (ada perbedaan yang signifikan)

lanjutan lampiran 11

t-tes untuk asam bromida (HBr) dan tanpa katalis

$$t_3 = \frac{\Sigma \bar{Y} - \Sigma \bar{Z}}{\sqrt{\frac{SS_Y - SS_Z}{(n_Y - n_Z) - 2} \left[\frac{1}{n_Y} + \frac{1}{n_Z} \right]}} = \frac{2,5930 - 3,3560}{\sqrt{\frac{0,5559 - 0,0058}{(4-4) - 2}}} = 3,9056$$

$$t_{\text{tabel}} < t_{\text{hitung}} = 0,38 < 3,9056 \text{ (ada perbedaan yang signifikan)}$$



Lampiran 12

PERHITUNGAN UNTUK MENENTUKAN ENERGI AKTIFASI SUKROSA

Berdasarkan gradien yang didapat dari pengaluran grafik $\ln k$ lawan $1/T$, didapatkan harga energi aktivasi reaksi hidrolisa sukrosa,

1. Dengan katalis Asam Klorida

$$-E_a/R = -6275,8$$

$$E_a = 6275,8 \times 8,314 \text{ J/mol}$$

$$= 52177 \text{ J/mol}$$

$$= 52,1770 \text{ kJ/mol}$$

2. Dengan katalis Asam Bromida

$$-E_a/R = -6550,8$$

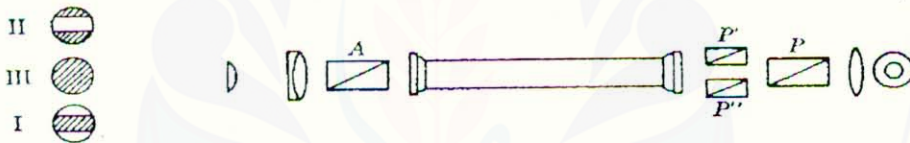
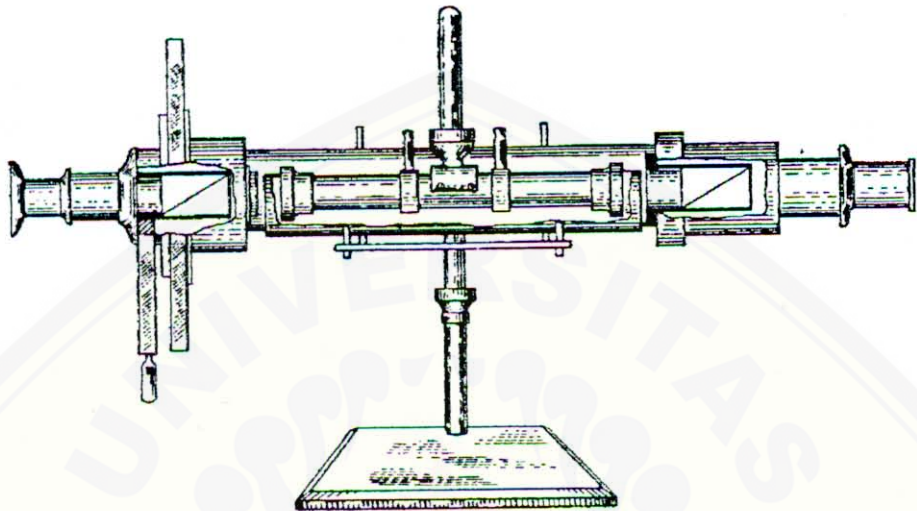
$$E_a = 6550,8 \times 8,314 \text{ J/mol}$$

$$= 54463,35 \text{ J/mol}$$

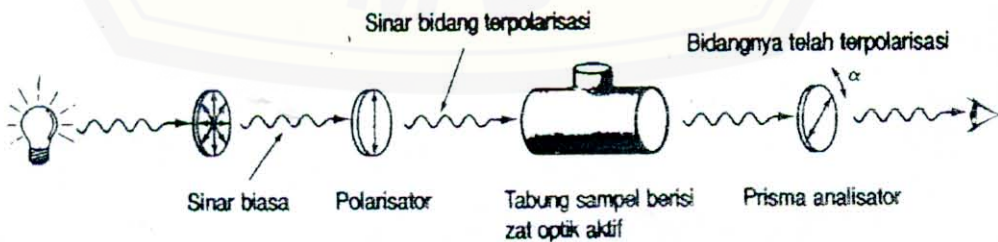
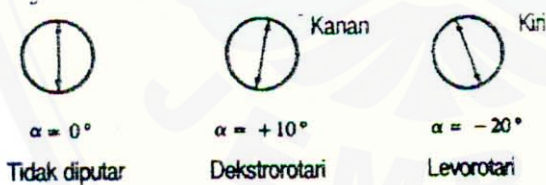
$$= 54,4634 \text{ kJ/mol}$$

Sehingga E_a Sukrosa rata-rata adalah : 53,3203 kJ/mol

Lampiran 13
GAMBAR SET ALAT POLARIMETER



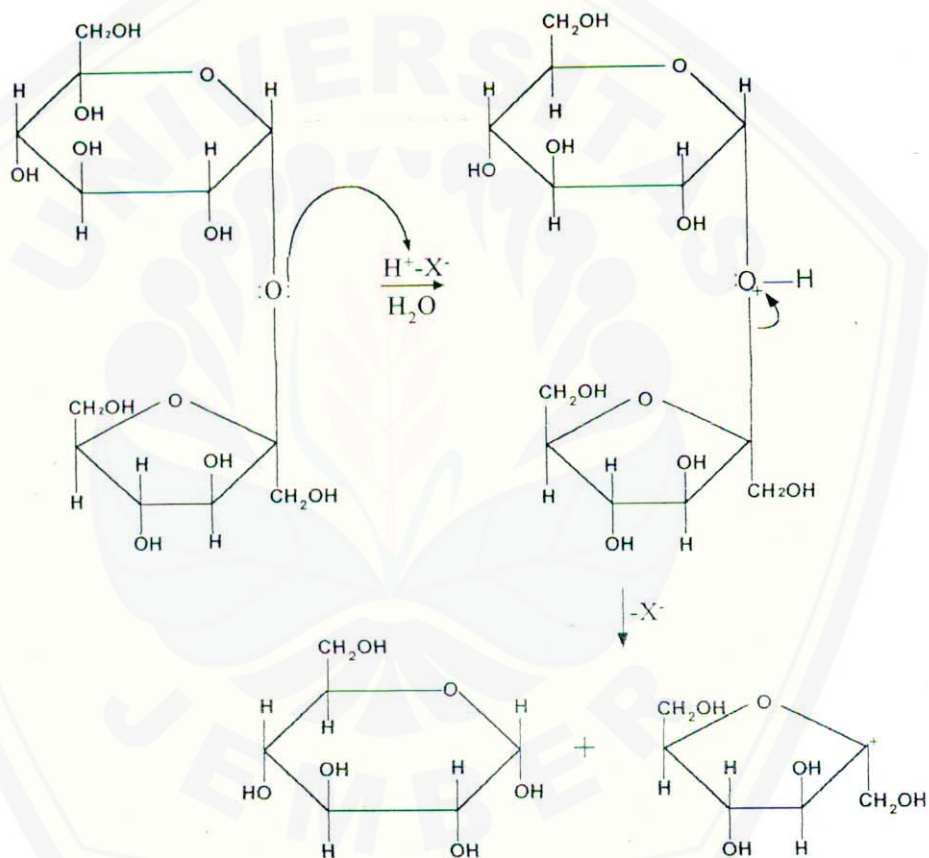
Polarimeter



Cara Kerja Polarimeter

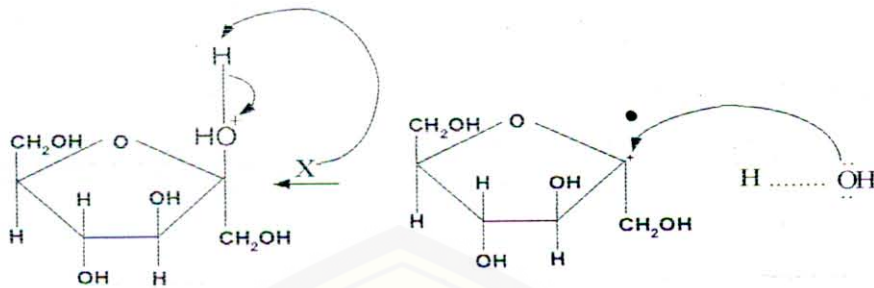
netto negatif (Fessenden, 1989:352). Penguraian sukrosa dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Larutan sukrosa terhidrolisis secara stoikiometri menjadi glukosa dan fruktosa pada titik didihnya. Hidrolisis sukrosa makin cepat akibat temperatur tinggi dalam suasana asam. Enzim yang mengkatalisis hidrolisis sukrosa disebut *invertase*. Mekanisme reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam terjadi sesuai reaksi berikut:

Tahap 1 (ionisasi)



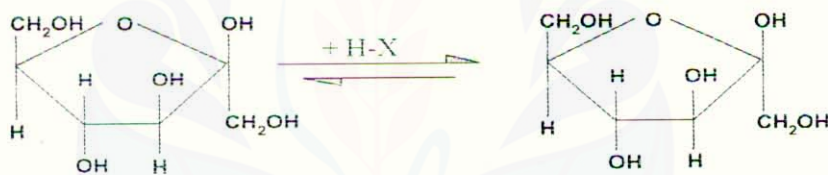
HX merupakan katalis asam yang digunakan dalam hidrolisis sukrosa. X^- adalah ion yang berikatan membentuk asam dimana X^- merupakan basa yang lemah. Atom O dari ikatan glikosida memiliki pasangan elektron bebas dan cenderung mengadakan gaya tarik-menarik dengan proton asam. Ikatan glikosida (O-C) yang menghubungkan glukosa dan sukrosa mengalami pelepasan dan membentuk karbokation pada fruktosa. Glukosa terbentuk terlebih dulu karena sifat atom C yang menginduksikan pasangan elektron yang lebih elektronegatif.

Tahap 2 (kombinasi karbokation dengan nukleofil H_2O)



Adanya pasangan elektron bebas pada atom O (air) menyebabkan kecenderungan untuk mengadakan ikatan dengan karbokation yang kekurangan elektron. Karbokation diserang oleh nukleofil (^-OH) dari air dan membentuk produk awal alkohol berproton.

Tahap 3 (lepasnya H^+ kepelarut)

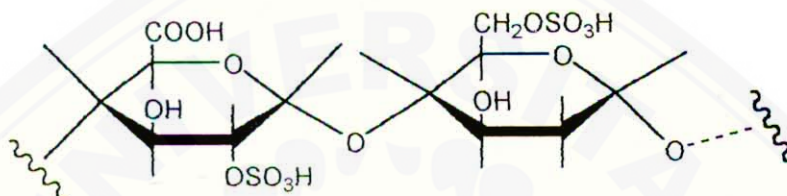


Lepasnya H^+ dalam alkohol berproton akan disertai dengan penstabilan ikatan. Reaksi ini berlangsung dengan cepat dan reversibel dengan pelarut (Fessenden, 1989:181).

2.2.3 Polisakarida

Kebanyakan karbohidrat yang ditemukan di alam terdapat sebagai polisakarida dengan berat molekul tinggi. Beberapa polisakarida berfungsi sebagai unsur struktural didalam dinding sel dan jaringan pengikat (Lehninger, 1995:323). Suatu *polisakarida* adalah senyawa yang molekul-molekulnya mengandung lebih dari 8 satuan monosakarida yang dipersatukan dengan ikatan glikosida. Hidrolisis lengkap terhadap polisakarida menghasilkan monosakarida atau senyawa turunannya (Fessenden, 1989: 352).

Polisakarida memenuhi tiga maksud dalam sistem kehidupan : sebagai bahan bangunan (architectural), bahan makanan (nutritional) dan sebagai zat spesifik. Polisakarida arsitektural misalnya *selulosa* yang memberikan kekuatan pada pokok kayu dan dahan bagi tumbuhan, *kitin* (chitin) komponen struktur dari kerangka luar serangga. Polisakarida nutrisi yang lazim ialah *amylum* (starch, yang terdapat dalam padi dan kentang) dan *glikogen*, karbohidrat yang siap dipakai dalam tubuh hewan. *Heparin*, suatu contoh zat spesifik adalah suatu polisakarida yang mencegah koagulasi darah.

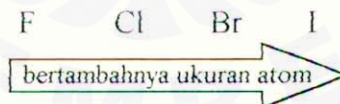


Gambar 16. Heparin
(Sumber: Fessenden, 1989:352)

2.3 Asam Halida

Asam halida disebut juga hidrogen halida nampak sebagai senyawaan kovalen karena zat cair murninya tidak menghantarkan arus listrik. Namun bila dilarutkan di dalam air HCl, HBr, dan HI membentuk asam kuat; HF membentuk larutan asam lemah (Keenan *et al*, 1994:251).

Ukuran atom golongan halogen semakin ke bawah semakin besar dari Daftar Berkala.



Atom yang lebih besar mampu menyebar muatan negatif dengan lebih baik daripada atom kecil. Penyebaran muatan akan menyebabkan penstabilan. Jadi semakin besar ukuran atom yang mengikat H dalam suatu deret senyawa dalam grup mana saja dari Daftar Berkala, kestabilan anionnya akan bertambah dan kuat asamnya (Fessenden, 1999:75). Ukuran atom fluor yang kecil menyebabkan ikatan HF yang kuat dan mencegah pencampuran yang sempurna dengan molekul H₂O. Untuk membentuk H₃O⁺ dan F⁻ sehingga HF merupakan asam yang lebih

lemah daripada hidrogen halida lain, meskipun fluor lebih elektronegatif dibandingkan halogen lain.

F	Cl	Br	I
berkurangnya keelektronegatifan			
F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻
bertambahnya jari-jari ion			
HF	HCl	HBr	HI
pKa : 3,45	-7	-9	-11

(Keenan *et al.*, 1984:250; Fessenden, 1989:75)

2.4 Polarimeter

Laju reaksi dapat dianalisa dengan mengikuti sifat fisika dan kimia dari campuran reaksi secara keseluruhan misalnya warna, perubahan tekanan, indeks refraksi, sifat optis aktif, daya hantar listrik, konsentrasi ion H⁺ atau potensial elektrodanya (Hiskia, 1996:158). Sifat optis aktif dapat dianalisa menggunakan polarimeter.

2.4.1 Prinsip Kerja Polarimeter

Sukrosa, glukosa dan fruktosa bersifat optis aktif, dimana dalam larutan memutar bidang polarisasi cahaya monokromatis. Sukrosa dan glukosa memutar bidang cahaya monokromatis ke kanan (dextrorotary) sedangkan fruktosa memutar bidang polarisasi ke kiri (laevorotary) (Fessenden, 1989:352). Oleh karena itu inversi sukrosa dapat ditentukan lajunya dengan mengukur sifat optis aktif larutan dengan menggunakan polarimeter. Polarimeter adalah alat untuk mengukur besarnya putaran berkas cahaya terpolarisasi oleh suatu zat optis aktif (Khopkar, 1990: 290).

Bila cahaya terpolarisasi dilewatkan ke dalam suatu zat optis aktif seperti glukosa, maka cahaya itu akan dibelokkan. Zat optis aktif ditandai oleh adanya atom karbon tak simetri atau kiral di dalam senyawa organik. Besarnya sudut

putaran cahaya terpolarisasi dapat diukur dengan polarimeter dan harganya dipengaruhi oleh struktur molekul, temperatur, panjang gelombang, konsentrasi, dan pelarut (Fessenden, 1999:140). Hubungan antara konsentrasi dan besar sudut putar dirumuskan sebagai :

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l.C}$$

Dengan $[\alpha]_{\lambda}^t$ menyatakan perputaran (rotasi) jenis pada temperatur (t) dan panjang gelombang (λ) tertentu, α menyatakan perputaran teramati, l menyatakan panjang larutan yang dilewati cahaya, dan C menyatakan konsentrasi. Dari rumusan ini diperoleh jenis dan jumlah zat optis aktif (Hendayana, 1994: 9). Sudut putar jenis (specific rotation) ialah besarnya perputaran oleh 1 gram zat dalam 1 mL larutan yang berada dalam tabung dengan panjang jalan (cahaya) 1 dm pada temperatur dan panjang gelombang tertentu (Fessenden, 1999:140).

2.4.2 Penentuan Konstanta Laju Reaksi Hidrolisa Sukrosa secara Percobaan menggunakan Polarimeter

Dengan mengamati perputaran bidang polarisasi larutan sukrosa, maka dapat ditentukan laju reaksinya. Persamaan reaksi hidrolisa sukrosa adalah sebagai berikut:



Dimana sukrosa merupakan reaktan, sedangkan fruktosa dan glukosa merupakan produk hasil hidrolisa sukrosa, sehingga persamaan reaksi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:



Persamaan laju reaksi secara umum:

$$\frac{d[\text{Sukrosa}]}{[\text{Sukrosa}]} = -k \cdot dt$$

$$\int_0^c \frac{d[\text{Sukrosa}]}{[\text{Sukrosa}]} = -k \int_0^t dt$$

$$\int_0^x \frac{d[a-x]}{[a-x]} = -k \cdot t$$

$$\ln \frac{[a-x]}{[a]} = -k \cdot t$$

Bila persamaan reaksi diatas ditinjau dari sukrosa, maka persamaan laju reaksi menjadi:

$$\ln \frac{[a-x]}{[a-0]} = -k \cdot t$$

Jika dibandingkan dengan kondisi pada waktu tak hingga ($t = \infty$), maka terdapat korelasi:

$$a-x = (a-x)-0 = \alpha_1 - \alpha_\infty$$

$$a-0 = \alpha_0 - \alpha_\infty$$

sehingga persamaan laju reaksinya menjadi:

$$\ln \frac{\alpha_1 - \alpha_\infty}{\alpha_0 - \alpha_\infty} = -k \cdot t$$

$$k = \frac{1}{t} \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty) / (\alpha_1 - \alpha_\infty)$$

$$kt = \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty) - \ln(\alpha_1 - \alpha_\infty)$$

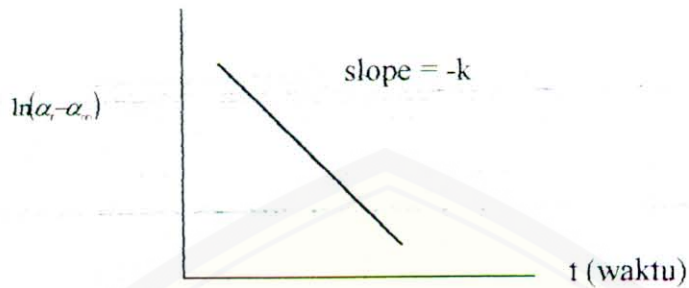
$$\ln(\alpha_1 - \alpha_\infty) = -kt + \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty)$$

dimana α_0 : sudut putar waktu $t = 0$

α_1 : sudut putar waktu t

α_∞ : sudut putar akhir

Jika dibuat grafik $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$ lawan t (waktu) maka diperoleh garis lurus dengan slope menunjukkan harga $-k$.



Gambar 17. Hubungan $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$ terhadap waktu
(Ferrington *et al*, 1962:140)



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada bulan Maret sampai dengan Juni 2003.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat :

Satu set polarimeter, tabung polarimeter, stopwatch, neraca analitik, waterbath, pipet volume 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, pipet Mohr 10 mL, corong, bola pipet, erlenmeyer 50 mL, labu ukur 100 mL, labu ukur 500 mL, dan termometer.

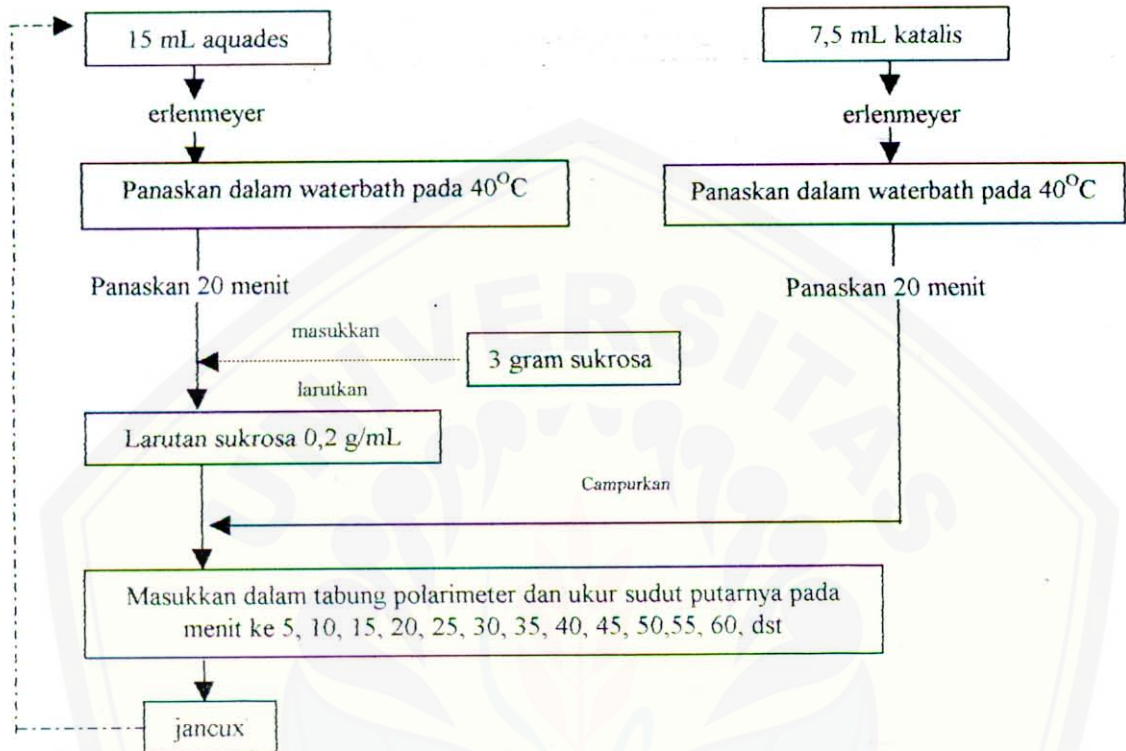
3.2.2 Bahan :

Sukrosa murni, larutan asam klorida (HCl) 2 M, larutan asam bromida (HBr) 2 M dan aquades.

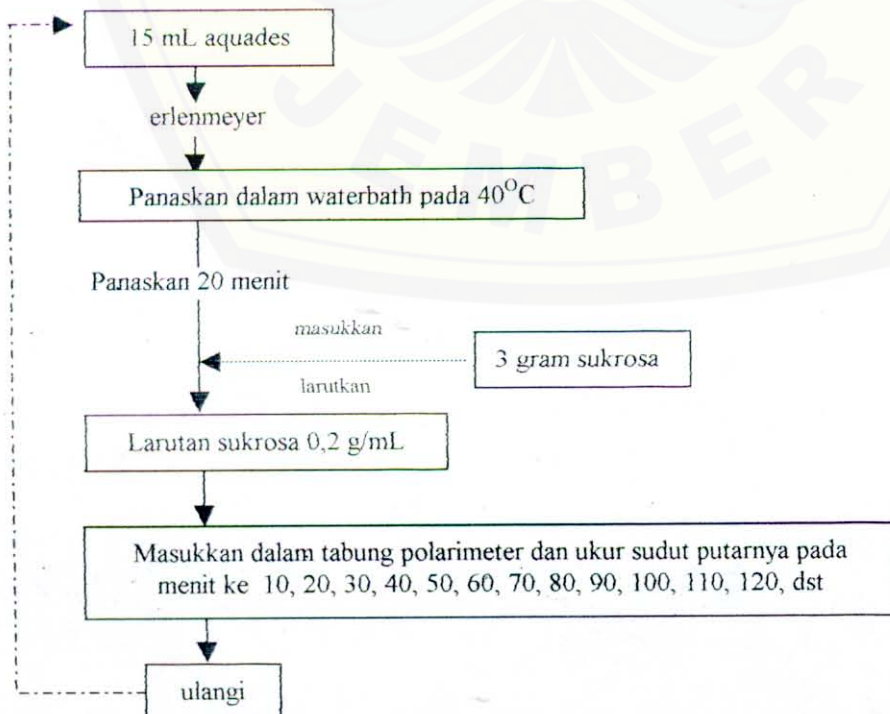
Alat diperoleh dari Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, sedangkan bahan diperoleh dari CV. Kurnia Jaya Multi Sentosa Surabaya.

3.3 Desain Penelitian

3.3.1 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa dengan Katalis Asam menggunakan Polarimeter



3.3.2 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa Tanpa katalis menggunakan Polarimeter



3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Larutan Asam Klorida 2 M

Mengambil 16,57 mL larutan HCl 37% ($\rho=1,19$ g/mL) dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Aquades ditambahkan hingga tanda batas.

3.4.2 Preparasi Larutan Asam Bromida 2 M

Mengambil 23,10 mL larutan HBr 47% ($\rho=1,49$ g/mL) dan masukkan kedalam labu ukur 100 mL. Aquades ditambahkan hingga tanda batas.

3.4.3 Pengukuran Sudut 0^0 Polarimeter

Tabung polarimeter diisi dengan air, diletakkan pada tempat yang akan dilewati oleh cahaya monokromatis polarimeter. Cahaya monokromatis akan melewati polarizer, kemudian melewati analit (air) yang akan ditentukan sudut putarnya dan analizer. Pada keadaan tersebut, analizer diputar sedemikian rupa hingga didapatkan keadaan gelap atau tidak ada cahaya yang terbaca pada analizer. Pada sudut tersebut merupakan sudut 0^0 polarimeter.

3.4.4 Pengukuran Sudut Putar Sukrosa Menggunakan Polarimeter

Pengukuran perubahan sudut putar sukrosa diukur dari sudut 0^0 polarimeter. Pergeseran keadaan gelap sudut 0^0 polarimeter ke keadaan gelap sudut senyawa optis aktif yang terdapat dalam sampel yang terukur merupakan sudut putar senyawa yang teramati.

3.4.5 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (katalis asam klorida) menggunakan Polarimeter

Mengambil 15 mL aquades dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 50 mL, kemudian dipanaskan dalam waterbath (± 20 menit) hingga temperatur sistem yang telah ditentukan (kamar, 40, 50, 60 dan 70^0 C) tercapai. Mengambil 7,5 mL asam klorida 2 M dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 50 mL, kemudian dipanaskan dalam waterbath hingga temperatur sistem tercapai (diukur menggunakan termometer).

Menimbang 3 gram kristal sukrosa lalu dilarutkan dalam 15 mL aquades yang telah tercapai temperatur sistemnya. Setelah sukrosa larut, 7,5 mL asam klorida 2 M yang temperatur sistemnya telah tercapai dicampurkan. Setelah selang waktu 5 menit, campuran larutan sukrosa dan katalis asam klorida dimasukkan dalam tabung polarimeter dan dibaca sudut putarnya dengan cepat. Pengukuran sudut putar setiap selang waktu 5 menit dilakukan sampai didapatkan perubahan sudut putar yang kecil atau sama. Sudut putar pada tiap menit adalah α_t . Pengukuran sudut putar hidrolisis sukrosa pada waktu tak hingga adalah α_∞ yang diukur setelah reaksi hidrolisis sukrosa menunjukkan perubahan sudut putar yang kecil. Semua pengukuran sudut putar dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali.

3.4.6 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (katalis asam bromida) menggunakan Polarimeter

Prosedur sama dengan hidrolisis sukrosa menggunakan katalis asam klorida 2 M, namun asam klorida 2 M diganti dengan asam bromida 2 M.

3.4.7 Pengukuran Sudut Putar Hidrolisis Sukrosa (tanpa katalis) menggunakan Polarimeter

Mengambil 15 mL aquades dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 50 mL, kemudian dipanaskan dalam waterbath (± 20 menit) hingga temperatur sistem yang telah ditentukan (kamar, 40, 50, 60 dan 70° C) tercapai. Menimbang 3 gram kristal sukrosa lalu dilarutkan dalam 15 mL aquades yang telah tercapai temperatur sistemnya. Setelah sukrosa larut, selang waktu 10 menit larutan sukrosa dimasukkan dalam tabung polarimeter dan dibaca sudut putarnya dengan cepat. Pengukuran sudut putar setiap selang waktu 10 menit dilakukan sampai 120 menit. Pengukuran sudut putar diukur lagi setelah hidrolisis selama 24 jam dan pada waktu tak tertentu sampai didapatkan perubahan sudut putar yang kecil atau sama. Sudut putar pada tiap menit adalah α_t . Pengukuran sudut putar hidrolisis sukrosa pada waktu tak hingga adalah α_∞ yang diukur setelah reaksi

hidrolisis sukrosa menunjukkan perubahan sudut putar yang kecil. Semua pengukuran sudut putar dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali.

3.4.8 Identifikasi Rotasi Jenis Sukrosa

Sukrosa dengan konsentrasi 0,2 g/mL diukur sudut putarnya pada temperatur kamar menggunakan polarimeter, kemudian ditentukan rotasi jenisnya. Pengukuran sudut putar sukrosa murni pada $t = 0$ dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Menentukan Konstanta Laju Reaksi

Konstanta laju reaksi pada masing-masing sistem yang telah divariasikan jenis asam dan temperaturnya ditentukan dengan cara grafik, yaitu dengan menggunakan regresi linear

$$\ln(\alpha_t - \alpha_\infty) = -k t + \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty)$$

mengikuti persamaan $y = a x + b$, dimana a adalah slope dan b adalah korelasi plot $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$ vs t akan menghasilkan garis lurus dengan slope sama dengan $-k$ dimana α_0 adalah sudut pemutaran waktu ke-0

α_t adalah sudut pemutaran waktu t

α_∞ adalah sudut pemutaran waktu ∞

(Ferrington, 1962)

3.5.2 Menentukan Laju Reaksi

Hukum laju orde pertama untuk konsumsi reaktan A adalah :

$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]$$

Dimana $\frac{-d[A]}{dt}$ adalah laju reaksi, menyatakan laju berkurangnya reaktan pada waktu tertentu. k adalah konstanta reaksi dan $[A]$ adalah konsentrasi sukrosa pada waktu tertentu (Atkins, 1997).

3.5.3 Menentukan Energi Aktifasi

Energi aktifasi reaksi hidrolisis sukrosa ditentukan dengan cara mengalurkan konstanta laju reaksi terhadap temperatur.

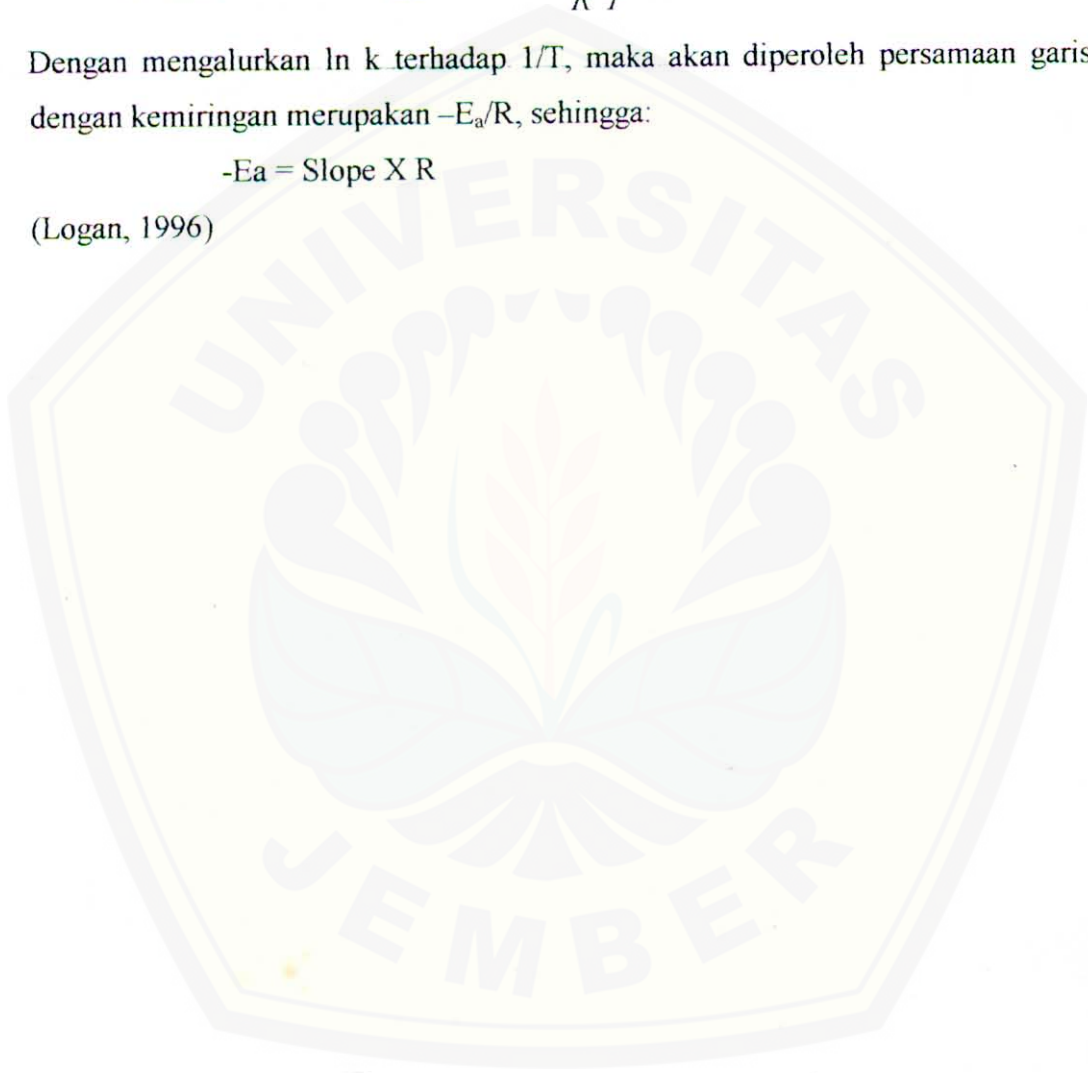
Rumus Arrhenius,

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}, \text{ sehingga } \ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A$$

Dengan mengalurkan $\ln k$ terhadap $1/T$, maka akan diperoleh persamaan garis dengan kemiringan merupakan $-E_a/R$, sehingga:

$$-E_a = \text{Slope} \times R$$

(Logan, 1996)



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Laju reaksi hidrolisis sukrosa dipengaruhi oleh adanya katalis dan temperatur.
2. Konstanta laju reaksi semakin besar seiring dengan naiknya temperatur sistem. Kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan energi kinetik sehingga reaksi tumbukan semakin besar dan reaksi berjalan cepat.
3. Laju reaksi hidrolisis sukrosa menggunakan katalis asam bromida lebih besar dibandingkan menggunakan katalis asam klorida karena kekuatan asam bromida yang lebih besar dibanding asam klorida.
4. Energi aktivasi rata-rata reaksi hidrolisis sukrosa adalah 53,3203 kJ/mol.
5. Reaksi hidrolisis sukrosa berjalan optimum pada temperatur 60°C, dimana harga konstanta laju reaksi hidrolisis sukrosa dengan katalis asam klorida adalah 0,0826 menit⁻¹, sedangkan dengan katalis asam bromida adalah 0,0882 menit⁻¹.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian menggunakan metode lain sehingga dapat dibandingkan metode yang paling baik untuk mempelajari kinetika reaksi hidrolisis sukrosa.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang reaksi dehidrasi yang terjadi dalam reaksi hidrolisis sukrosa menggunakan katalis asam halida, baik penentuan mekanisme reaksi dehidrasi maupun produk yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P.W. 1997. *Kimia Fisik II*. Terjemahan Irma I. Kartohadiprojo dari *Physical Chemistry* (1990). Jakarta: Erlangga
- Bird, Tony. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Terjemahan Kwee Ie Tjien dari *Physical Chemistry* (1985). Jakarta: Gramedia
- Binkley Roger .W. 1988. *Modern Carbohydrate Chemistry I*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Brady, James .E. 1999. *Asas dan Struktur*. Jilid I. Edisi 5. Terjemahan Dra. Sukmariah Maun Kamianti Anas dan Tilda S. Sally. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Castellan, Gilbert W. 1964. *Physical Chemistry*. London: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Ferrington, Daniels, Joseph Howard Mathews, John Warren Williams, Pane Benden. Robert A. Alberty. 1962. *Experimental Physical Chemistry-Sixth Edition*. New York: McGraw Hill Company, Ltd.
- Fessenden, Ralph. J dan Joan S. Fessenden. 1999. *Kimia Organik I*. Terjemahan Aloysius Handyana Pudjaatmaka dari *Organic Chemistry third edition* (1986). Jakarta: Erlangga.
- , 1989. *Kimia Organik II*. Terjemahan Aloysius Handyana Pudjaatmaka dari *Organic Chemistry third edition* (1986). Jakarta: Erlangga.
- Frost, Arthur A dan Ralph G. Pearson. 1961. *Kinetics and Mechanism: Study of Homogenous Chemical Reaction*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hendayana, Sumar. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hiskia, Achmad. 1996. *Energitika Kimia: Penuntun Belajar Kimia Dasar*. Bandung: Citra Aditya Bakti.

- Keenan, Charles. W, Donal C. Kleinfelter, Jesse H. Wood. 1994. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Jilid 1. Terjemahan Aloysius Handiyana Pudjaatmaka dari *General College Chemistry* (1980). Jakarta: Erlangga.
- , 1999. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Jilid 2. Terjemahan Aloysius Handiyana Pudjaatmaka dari *General College Chemistry* (1980). Jakarta: Erlangga.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konser Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan A. Saptoharjo dari *Basic Concepts of analytical Chemistry* (1984). Jakarta: UI Press
- Lehninger, Albert L. 1995. *Dasar-dasar Biokimia I*. Terjemahan Maggi Tenawidjaja dari *Principles of Biochemistry* (1982). Jakarta: Erlangga.
- Levine, Ira .N. 2002. *Physical Chemistry Fifth Edition*. New York: McGraw Hill Company, Ltd.
- Logan, S.R. 1996. *Fundamental of Chemical Kinetics*. Inggris: Longman Group Limited.
- Moore, John .W dan Ralph G. Pearson. 1961. *Kinetics and Mechanism-Third edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pine, Stanley .H, James B. Hendrickson, Donald J. Carm, George S. Hammod. 1988. *Kimia Organik*. Jilid I. Terjemahan Roehyati Joedodibroto dan Sasanti W. Purbo Hadiwidjojo dari *Organic Chemistry* (1981). Bandung: ITB.
- Satterfield, CN. 1980. *Heterogenous Catalysis in Practice*. Edisi 1. New York: McGraw Hill Company, Inc.
- Solomons, T.W. Graham. 1994. *Fundamentals of Organic Chemistry-Fourth Edition*. New York: : John Wiley & Sons, Inc.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar II*. Bandung: ITB.

