

**STUDI PENGARUH ARUS PULSASI
TERHADAP PROSES TAUTOMERISASI LARUTAN
D-GLUKOSA MENJADI D-FRUKTOSA
DALAM KONDISI BASA**

TESIS

**Dianyapkan Dalam Rangka Memenuhi Persyaratan Gelar Magister Teknik
Pada Program Pasca Sarjana Program Studi Teknik Kimia
Bidang Kajian Utama Teknologi Energi
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**Hilda Perawati
NIM : 20993270025**



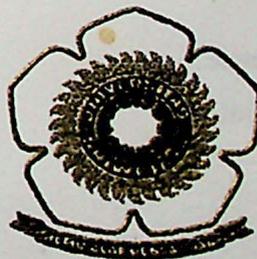
**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
AGUSTUS 2002**

**STUDI PENGARUH ARUS PULSASI
TERHADAP PROSES TAUTOMERISASI LARUTAN
D-GLUKOSA MENJADI D-FRUKTOSA
DALAM KONDISI BASA**

T E S I S

**Disampaikan Dalam Rangka Memenuhi Persyaratan Gelar Magister Teknik
Pada Program Pasca Sarjana Program Studi Teknik Kimia
Bidang Kajian Utama Teknologi Energi
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :
Hilda Porawati
NIM : 20993270025**



**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
AGUSTUS 2002**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Studi Pengaruh Arus Pulsasi Terhadap Proses Tautomérisasi Larutan
D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa Dalam Kondisi Basa
Oleh : Hilda Porawati
Nim : 20993270025

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Sri Haryati DEA

NIP.130935907

Dr. Ir. M.Djoni Bustan M.Eng

NIP.130935906

Direktur Program Pasca Sarjana

Universitas Sriwijaya

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Universitas Sriwijaya

Dr. Siti Zainab Bakir. SE

NIP : 130344894

Dr. Ir. M. Djoni Bustan. M.Eng

NIP : 130935906

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah S.W.T, karena berkat rahmat dan kasih sayang-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “ Studi Pengaruh Arus Pulsasi Terhadap Reaksi Tautomerisasi Pada Penghasilan Fruktosa” . Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Bidang Kajian utama Teknologi Energi.

Dalam penyelesaian tesis ini penulis telah banyak menerima bantuan data dan informasi, dukungan, sumbang saran, nasehat, bimbingan serta penjelasan dari berbagai pihak, sebab pada dasarnya kerjasama dan saling mengasihi serta saling menasehati serta sabar adalah ciri manusia yang tidak pernah rugi.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Sri Haryati DEA
2. Dr. Ir. M. Djoni Bustan, M.Eng

Atas segala bimbingan yang diberikan baik yang berkenaan erat dengan penyelesaian tesis ini, maupun nasehat – nasehat untuk menapaki kehidupan dengan penuh rasa iman dan optimis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada :

1. PT. Gulf Resources Indonesia
2. PT. Gula Putih Mataram Lampung
3. PT. Minatama Mineral Perdana Lampung
4. Direksi dan Staff Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya
5. Suami dan anak – anak tercinta atas dorongan morilnya
6. Orangtua dan saudara – saudara
7. Sahabat – sahabat yang ada di Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini, yaitu: Ir. Erna Yuliwati dan keluarga, Ir. Agus Maulana, Ir. Amir Hamzah Siagian, Ir. Kustinah, Ir. Antoni R.D., Bpk. Sukotjo, Solihin, ST, Budi Santoso, ST, Anton, M.A. Giffary, Chairul, Ibnu, Zulkarnain, Adriana Lolita (Anya), Zami

RINGKASAN

Furqon, ST, Edi Dwi Mustika, ST dan teman – teman civitas akademika Universitas Sriwijaya lainnya yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Menyelesaikan sebuah penelitian adalah kata yang naif, karena secara esensi, meneliti serta mengetahui sesuatu lebih banyak dan mendalam adalah sesungguhnya mencari nilai – nilai Ketuhanan (Hipostatis) dan menggali sebagian kecil dari rahasia Illahi agar dapat “bertemu” dengan – Nya, proses ini tidak akan pernah selesai. Akan tetapi keterbatasan sebagai manusia biasalah yang akhirnya menyadarkan kita bahwa masih diperlukan proses pembelajaran dan pembenahan agar apa yang telah dilakukan diharapkan menjadi sebuah proses yang berkesinambungan, sebab waktu adalah milik Allah walaupun manusia yang menjalaninya. Semoga untuk waktu yang akan datang, penelitian ini dapat dilanjutkan agar memperoleh hasil yang lebih baik dari saat ini.

Semoga laporan tesis ini bermanfaat bagi kita semua. Penulis mohon maaf atas kekurangan dan kelemahan dalam penulisan laporan tesis ini. Maju terus ilmu pengetahuan Indonesia.

Palembang,
Agustus 2002

Penulis

RINGKASAN

Penelitian tentang Transformasi D-glukosa menjadi D-fruktosa dilakukan dalam dua bagian proses yaitu proses Transformasi D-glukosa menjadi D-fruktosa dalam zone reaksi dan proses pemisahan D-fruktosa yang dihasilkan dalam zone adsorpsi. Penelitian ini menggunakan teknologi arus pulsasi yang berguna untuk meningkatkan kualitas perpindahan panas dan massa yang meningkatkan konversi. Proses perpindahan massa dengan arus pulsasi ini sangat tergantung pada gerak aksila dan radial fluida yang tergantung pada frekwensi dan amplitudo.

Pada zone reaksi bertujuan mempelajari variabel-variabel proses baik variabel kinetika maupun variabel pulsasi untuk mendapatkan konversi D-glukosa menjadi D-fruktosa yang tinggi dengan temperatur yang relatif rendah serta rasio katalis dan bahan baku yang kecil, sedangkan pada zone adsorpsi bertujuan mengkaji penentuan variabel-variabel pemisahan D-fruktosa dan D-glukosa untuk mendapatkan derajat pemisahan yang relatif tinggi dengan menggunakan adsorben yang relatif murah.

Konversi D-fruktosa yang terbentuk cukup tinggi sebesar 94% untuk bahan baku gula pasir. Dengan rasio katalis $\text{NaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan bahan baku sebesar 0,1 pada temperatur 60°C dalam suasana basa.

Dari segi ekonomis ini jauh lebih ekonomis karena konsumsi energi relatif lebih kecil karena proses dilakukan pada temperatur yang lebih rendah, serta adanya penghematan massa karena pemakaian katalis yang jauh lebih kecil dibandingkan penelitian yang pernah dilakukan.

2.5. Tautomerisasi	23
2.6. Teori Kinetika Kimia	24
2.6.1. Orde Reaksi	25
2.6.2. Konstanta Kecepatan Reaksi (k)	25
2.6.3. Reaksi Kimia Reversibel	26
2.6.4. Keseimbangan Reaksi Kimia	28

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Ringkasan	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Permasalahan.....	6
1.3. Tujuan.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Sejarah Perkembangan Transformasi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa	8
2.2. Karbohidrat.....	14
2.3. Sukrosa.....	16
2.3.1. Glukosa.....	19
2.3.2. Fruktosa.....	21
2.4. Sifat Kimia dan Fisik $\text{NaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	22
2.5. Tautomerisasi.....	23
2.6. Teori Kinetika Kimia.....	24
2.6.1. Orde Reaksi.....	25
2.6.2. Konstanta Kecepatan Reaksi (k).....	25
2.6.3. Reaksi Kimia Reversibel.....	26
2.6.4. Keseimbangan Reaksi Kimia.....	28

2.7. Faktor-faktor yang mempengaruhi Transformasi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa.....	31
2.7.1 Temperatur.....	31
2.7.2 Rasio Larutan $\text{NaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} / \alpha$ D-Glukopiranos.....	31
2.7.3 Waktu Reaksi.....	31
2.7.4 Suasana Larutan.....	31
2.8. Reaksi Umum Transformasi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa.....	32
2.9. Zeolit Alam.....	32
2.9.1. Proses Regenerasi Zeolit Alam.....	36
2.9.1.1 Regenerasi Secara Kimia.....	36
2.9.1.2 Regenerasi Secara Fisika.....	36
2.9.1.3 Regenerasi Secara Biologi.....	36
2.9.2. Penggunaan Zeolite Alam Sebagai Adsorben.....	37
2.9.3. Teori Adsorpsi.....	38
2.10. Aliran Pulsasi.....	41
BAB III. METODOLOGI.....	56
3.1. Variabel yang Diteliti.....	56
3.1.1 Tahap Reaksi.....	56
3.1.2 Tahap Adsorpsi.....	57
3.2. Persiapan Bahan Baku.....	57
3.2.1. α D-Glukopiranos Tahap Reaksi.....	57
3.2.2 Zeolit.....	57
3.3. Deskripsi Metode Penelitian.....	58
3.3.1 Tahap Reaksi.....	58
3.3.1.1 Tanpa Pulsasi.....	58
3.3.1.2 Pulsasi.....	59
3.3.2. Tahap Kolom Adsorpsi.....	59
3.4. Metode Analisa Hasil.....	67
3.5. Data Pengamatan.....	68
3.5.1 Tahap Reaktor.....	68

3.5.2. Tahap Kolom Adsorpsi.....	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1 Reaktor Kolom Berbaffle dengan Arus Pulsasi (Pulsed Baffle Column Reactor).....	70
4.1.1 Pengaruh Aliran Dengan dan Tanpa Pulsasi Dan Temperatur Terhadap Derajat Konversi Pada Transformasi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa.....	71
4.1.1.1 Derajat Konversi D-Glukosa Tanpa Pulsasi.....	71
4.1.1.2 Derajat Konversi D-Glukosa dengan Aliran Pulsasi.....	73
4.1.1.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Derajat Konversi D-Glukosa.....	75
4.1.2 Pengaruh Variabel Hidrodinamika Dari aliran Pulsasi Terhadap Konstanta Kecepatan Reaksi.....	80
4.1.2.1 Frekwensi.....	80
4.1.2.2 Amplitudo.....	80
4.1.2.3 Interaksi antara Frekwensi Dan Amplitudo.....	81
4.1.2.4 Hubungan Enhancement (Peningkatan) Konstanta Kecepatan Reaksi Dengan Frekwensi.....	81
4.1.2.5 Hubungan Enhancement (Peningkatan) Konstanta Kecepatan Reaksi Dengan Amplitudo.....	86
4.1.2.6 Hubungan Enhancement Konstanta Kecepatan Reaksi Dengan Interaksi Frekwensi Dan Amplitudo.....	86
4.2 Kolom Adsorpsi.....	89
4.2.1 Pengaruh Flowrate terhadap Konsentrasi.....	89

4.2.2	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kosentrasi D-Fruktosa teradsorb.....	89
4.2.3	Pengaruh Tinggi Bed terhadap Kosentrasi D-Fruktosa teradsorb.....	90
4.3.	Perbandingan Hasil Penemuan Peneliti Sebelumnya dengan Hasil Penelitian.....	97
	Tabel 2.1 Sifat Sifat Zeolit.....	11
	Tabel 2.2 Proter Glukosa Dan Fruktosa.....	12
	BAB V KESIMPULAN	99
	Daftar Pustaka	100
	Lampiran	102
	Tabel 2.6 Daftar Mineral Zeolit Aliran Dengan Rasio Si/Al Kandungan Kation Pada zeolit	33
	Tabel 2.7 Komposisi Mineral Dalam Zeolit	34
	Tabel 2.8 Komparasi Adsorpsi Fisik Dengan Adsorpsi Kimia	40
	Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Penemuan Peneliti sebelumnya dengan Hasil Penelitian	110

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Selektivitas Adsorben Berbeda Untuk Glukosa	10
Tabel 2.2 Fraksi Glukosa Dan Fruktosa	12
Tabel 2.3 Perubahan D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa	13
Tabel 2.4 Proses Pemisahan Glukosa Dan Fruktosa	14
Tabel 2.5 Urutan Kadar Kemurnian Realtif Gula Dalam Larutan	19
Tabel 2.6 Daftar Mineral Zeolit Alam Dengan Rasio Si/Al Kandungan	35
Gambar Kation Pada zeolit	33
Tabel 2.7 Komposisi Mineral Dalam Zeolit	34
Tabel 2.8 Komparasi Adsorpsi Fisik Dengan Adsorpsi Kimia	40
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Penemuan Peneliti sebelumnya dengan Hasil	47
Gambar Penelitian	139
Gambar 2.12 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Horizontal Tanpa Baffle	49
Gambar 2.13 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Vertikal Tanpa Baffle	50
Gambar 2.14 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Gula Untuk Tube Horizontal Tanpa Baffle	51
Gambar 2.15 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Baffle	52
Gambar 2.16 Profil Konsentrasi Osilasi dan Baffle Pada Tube Horizontal	53
Gambar 2.17 Profil Konsentrasi Osilasi dan Baffle Pada Tube Vertikal	54
Gambar 3.1 Blok Diagram Transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa	61
Gambar 3.2 Bagan Alir Transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa	63
Gambar 4.1 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 50 °C Non Pulsasi	72
Gambar 4.7 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 50 °C Frekuensi 8 Hz	76
Gambar 4.10 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 60 °C Frekuensi 6 Hz	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gliserakdehida dan Dihidroksiaseton	16
Gambar 2.2 Rumus Sukrosa	17
Gambar 2.3 Rumus Glukosa	20
Gambar 2.4 Rumus Fruktosa	21
Gambar 2.5 Struktur Saluran Klinoptilit	34
Gambar 2.6 Struktur Sisi Aktif Dalam Zeolit	35
Gambar 2.7 Fasilitas Percobaan Kolom Berbaffle dengan Arus Osilasi	45
Gambar 2.8 Profil Aliran Laminar Pada Tube Horizontal Tanpa Baffle	46
Gambar 2.9 Profil Aliran Laminar Pada Tube Vertikal Tanpa Baffle	47
Gambar 2.10 Profil Aliran Laminar Pada Tube Horizontal Tanpa Baffle	47
Gambar 2.11 Pola Aliran Turbilen Pada Tube Horizontal	48
Gambar 2.12 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Horizontal Tanpa Baffle	49
Gambar 2.13 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Vertikal Tanpa Baffle	50
Gambar 2.14 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Gula Untuk Tube Horizontal Tanpa Baffle	51
Gambar 2.15 Profil Konsentrasi Untuk Aliran Laminar Pada Tube Baffle	52
Gambar 2.16 Profil Konsentrasi Osilasi dan Baffle Pada Tube Horizontal	53
Gambar 2.17 Profil Konsentrasi Osilasi dan Baffle Pada Tube Vertikal	54
Gambar 3.1 Blok Diagram Transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa	61
Gambar 3.2 Bagan Alir Transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa	63
Gambar 4.1 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 50 °C Non Pulsasi	72
Gambar 4.7 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 50 °C Frekwensi 8 Hz	76
Gambar 4.10 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 60 °C Frekwensi 6 Hz	77

Gambar 4.15 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa pada Temperatur 70 °C Frekwensi 8 Hz	78
Gambar 4.19 Hubungan Antara $\ln((X_{Ac} - (2X_{Ac} - 1)X_A)/(X_{Ac} - X_A))$ dengan Waktu Untuk Mendapatkan Harga Konstanta Kecepatan Reaksi Pada T 60 °C Frekwensi 6 Hz Amplitudo 4 cm	79
Gambar 4.23 Pengaruh Frekwensi Terhadap k_p pada T 70 °C	82
Gambar 4.25 Pengaruh Amplitudo Terhadap k_p pada T 60 °C	83
Gambar 4.29 Pengaruh Interaksi Frekuensi dan Amplitudo ($2\pi AF$) Terhadap k_p pada T 70 °C	84
Gambar 4.32 Pengaruh Frekuensi Terhadap k_p / k_{np} pada T 70 °C	85
Gambar 4.35 Pengaruh Amplitudo Terhadap k_p / k_{np} pada T 70 °C	87
Gambar 4.38 Pengaruh Interaksi Frekuensi dan Amplitudo ($2\pi AF$) Terhadap k_p / k_{np} pada T 70 °C	88
Gambar 4.39 Pengaruh Flowrate Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 50° C Tinggi Bed 30 cm	91
Gambar 4.41 Pengaruh Flowrate Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 50° C Tinggi Bed 40 cm	92
Gambar 4.50 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Sisa dan D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 60° C Tinggi Bed 50 cm	93
Gambar 4.51 Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 50° C Flowrate 540 ml/menit	94
Gambar 4.55 Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 50° C Flowrate 720 ml/menit	95
Gambar 4.59 Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Konsentrasi D-Fruktosa Teradsorb pada Temperatur 50° C Flowrate 900 ml/menit	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu tujuan pembangunan nasional adalah menciptakan masyarakat yang makmur dan sejahtera. Untuk menciptakan kondisi tersebut diperlukan pembangunan yang merata di segala bidang. Tetapi pada kenyataannya, sangat sulit untuk menciptakan kondisi yang demikian, karena begitu banyak permasalahan yang kompleks dan dilematis, seperti kondisi sosial, ekonomi, dan politik yang tidak stabil. Ketidakseimbangan antara peningkatan populasi dengan pemerataan pembangunan dan tingkat kesejahteraan, dalam skala mikro, kondisi stagnasi pembangunan juga akan memunculkan permasalahan – permasalahan yang menyangkut komunitas, seperti menurunnya tingkat kualitas kesehatan masyarakat akibat mengkonsumsi kebutuhan hidup yang belum terjamin kualitasnya sebagai akibat rendahnya daya beli masyarakat.

Menurunnya tingkat kesehatan masyarakat akibat mengkonsumsi kebutuhan hidup yang belum terjamin kualitasnya dapat dilihat dengan meningkatnya jumlah penderita penyakit seperti *diabetes melitus*. Penyakit ini diakibatkan oleh konsumsi gula pasir (sukrosa) secara berlebihan yang notabene disebabkan oleh konsumsi karbohidrat yang berlebihan. Penyakit *diabetes melitus* yang lazim dikenal dengan nama kencing manis (*red*) dapat menyebabkan menurunnya nafsu makan, kerusakan gigi, juga komplikasi penyakit seperti kardiovaskuler (jantung), tekanan darah tinggi, lever, impotensi dan kegemukan. Bahkan di stadium yang lebih tinggi, penderita diabetes harus berhati – hati apabila mengalami luka, karena luka tersebut akan susah disembuhkan (kering) dan berakhir pada amputasi.

Salah satu teori awal tentang penyakit *diabetes melitus* orang dewasa, yaitu di dalam tubuh manusia, sukrosa dapat terurai menjadi glukosa, yang kemudian

dipergunakan sebagai energi atau disimpan sebagai glikogen.⁽⁸⁾ Masuknya glukosa ke dalam darah meningkatkan kadar glukosa darah, karena glukosa mudah terbakar didalam darah dibanding fruktosa. Dan meningkatkan pelepasan hormon insulin dari sel-sel β pankreas, hal ini akan mengakibatkan kejenuhan kinerja sel-sel β dari pankreas. Sedangkan fruktosa tidak melibatkan pelepasan hormon insulin dari pankreas untuk metabolismenya.⁽¹⁸⁾ Sehingga orang yang menderita diabetes mellitus tidak perlu diobati dengan penambahan insulin, tetapi harus dikurangi konsumsi glukosa atau sukrosa dan gula-gula sederhana lainnya yang dapat terurai menjadi glukosa selama pencernaan.⁽¹⁸⁾ Dugaan tentang tingginya konsumsi sukrosa akan menyebabkan terjadinya penyakit diabetes melitus pada manusia, sudah diteliti oleh Cohen pada tahun 1973 dan Rosenmann dkk pada tahun 1975.⁽¹⁸⁾

Ironisnya, di Indonesia, gula pasir (sukrosa) merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang dikonsumsi secara langsung dan sebagai bahan pemanis untuk keperluan berbagai industri pangan dan minuman. Dan permintaan akan gula terus meningkat mengikuti pertumbuhan jumlah penduduk. Berbeda dengan negara – negara seperti Eropa yang telah melakukan teknologi pengolahan dalam penghasilan gula fruktosa dari tanaman lain seperti jagung. Di Indonesia umumnya berasal dari tanaman tebu, dengan kandungan kadar gula hampir sebagian besar sukrosa. Salah satu contoh gula pasir (sukrosa) yang diproduksi oleh PT.Gula Putih Mataram kandungan sukrosa 84,83% didalamnya terdapat D-glukosa 68,25% dan D-fruktosa 16,58% dengan kandungan energi sebesar 225 erg/cm³.⁽¹⁷⁾

Data yang berasal dari berbagai instansi yang terkait dapat dijadikan salah satu acuan dan pertimbangan untuk peramalan (*forecasting*) mengenai keadaan dan kondisi kesehatan masyarakat, secara makro. Bukan tidak mungkin, satu atau dua dekade mendatang, sebagian besar masyarakat Indonesia akan terkena penyakit ini, yang dipercaya sebagian orang adalah penyakit turunan. Untuk menjamin lancarnya proses pembangunan sehingga menjadi suatu proses yang berkesinambungan (*sustainable development*), maka diperlukan upaya – upaya yang berkenaan dengan

peningkatan kualitas kesehatan masyarakat. Slogan “Lebih baik mencegah daripada mengobati” tampaknya lebih tepat untuk mengatasi masalah ini. Upaya riil yang telah dilakukan oleh pihak terkait, seperti Dinas Kesehatan, seperti mengadakan sosialisasi tentang bahaya konsumsi gula pasir dan sumber karbohidrat yang berlebihan harus didukung dan ditunjang oleh upaya pengadaan sumber gula yang lebih baik kualitasnya. Solusi yang terbaik adalah dengan menggunakan teknologi pengolahan gula secara tepat sehingga akan berguna bagi kesehatan masyarakat.

Ilmu pengetahuan dan teknologi memegang peranan penting serta mempengaruhi perkembangan di segala bidang kehidupan dan pembangunan. Oleh karena itu pengembangan dan penguasaannya perlu dilanjutkan dan diarahkan untuk memajukan kesejahteraan seluruh masyarakat. Dalam rangka peningkatan kualitas hidup, pengembangan dan penerapan teknologi dalam pemanfaatan potensi yang ada perlu terus dikembangkan. Teknologi proses sintesis sukrosa untuk menghasilkan fruktosa telah dikembangkan pertama kali pada tahun 1847. Proses ini dapat dilakukan melalui biokimia dan kimia. Proses biokimia lebih lazim digunakan daripada proses kimia, karena proses kimia cenderung menghasilkan campuran gula kompleks dan kecenderungan untuk fruktosa yang dihasilkan selama proses kimia untuk kembali membentuk glukosa.

Pada tahun 1969 Frederick W. Parrish dkk menemukan metode pembentukan D-fruktosa dari D-glukosa dalam suasana basa dengan alumina sebagai katalis. 250 gr butiran alumina mentah yang belum diolah dengan ukuran 40 sampai 200 mesh, dimasukkan ke dalam kolom gelas dan dicuci dengan 4 liter air sulingan untuk memindahkan pengotor-pengotor yang dapat larut di air. Alumina yang telah dicuci dipanaskan sampai 120°C selama 16 jam. Selanjutnya 9,2 gr D-glukosa dan 100 gr alumina yang telah dicuci dalam 70 ml air dimasukkan ke dalam sebuah bejana gelas pada suasana basa dengan pH 10,6. Proses berlangsung pada temperatur 50°C selama 68 jam, dengan konversi D-fruktosa yang dihasilkan 40%.⁽¹⁰⁾ Pada tahun 1987 Sidney A. Barker dan Peter J. Somer menemukan suatu proses yang efektif untuk merubah

suatu aldosa menjadi ketose dalam suasana asam dengan halida logam sebagai katalis yang terdiri dari beberapa contoh percobaan yaitu: Contoh 1, D-glukosa dihubungkan dengan kalsium klorida encer dengan melarutkan D-glukosa sampai konsentrasi akhir 1% w/w $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ cair.

Konsentrasi kalsium klorida yang tepat dalam campuran reaksi dapat diperoleh dengan menambahkan anhydrous CaCl_2 sampai konsentrasi akhir 12,5% w/v dalam campuran keseluruhan. Proses berlangsung pada temperatur 50°C selama 1 jam. Setelah itu sebuah *aliquot* $0,5 \text{ cm}^3$ dipindahkan dan dicairkan sampai 10 cm^3 dengan air sulingan. Selanjutnya *aliquot* yang dicairkan dianalisa dengan kromatografi pertukaran anion konvensional dari borat. Dengan konversi D-fruktosa yang dihasilkan 22%.⁽²⁹⁾ Contoh 2, D-mannosa 0,25 gr dilarutkan dalam larutan $\text{CaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 6 gr dalam air sebanyak 4 gr dengan penambahan NaOH. Reaksi dipertahankan pada temperatur 70°C selama 60 menit. Setelah pendinginan campuran reaksi dianalisa dengan kromatografi pertukaran anion borat. Dengan konversi D-fruktosa 95% dan D-mannosa 5%. Selanjutnya contoh 3, D-mannosa 0,25 gr dilarutkan dalam larutan anhydrous MgCl_2 4 gr dalam air 6 gr. Larutan dipanaskan pada temperatur 70°C selama 60 menit. Dengan konversi D-fruktosa 25%. Dan contoh 4 dengan cara yang sama D-mannosa 0,25 gr direaksikan dengan larutan anhydrous ZnCl_2 8 gr dalam air 2 gr. Dengan konversi D-fruktosa 41%. Proses kimia yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti masih dalam skala laboratorium dan acapkali menimbulkan masalah-masalah yang berhubungan dengan warna dan konversi terbentuknya fruktosa yang masih kecil disebabkan derajat turbulensi fluida yang rendah.

Untuk meningkatkan warna dan konversi terbentuknya fruktosa yang besar maka diupayakan suatu teknologi, dimana teknologi yang dipilih adalah teknologi pulsasi. Teknologi pulsasi memiliki keuntungan di dalam meningkatkan proses perpindahan massa dan panas, serta energi proses yang dipergunakan dapat seminimal mungkin dibanding dengan teknologi agitator. Dan pola aliran yang

dihasilkan oleh teknologi pulsasi merupakan komponen aksial yang dihasilkan oleh gerak rotasi menjadi gerak translasi, dimana pada gerak translasi akan terbentuk fase pemisahan campuran glukosa – fruktosa menjadi glukosa dan fruktosa dengan akselerasi dan deselerasi. Sehingga derajat turbulensi yang dihasilkan besar dan dispersi larutan lebih homogen.

Lain halnya dengan teknologi agitator. Pada proses ini pola aliran yang dihasilkan terdiri dari komponen radial, longitudinal dan tangensial yang didapat dari gerak rotasi. Dimana komponen tangensial di dalam teknologi agitator dapat menyebabkan terbentuknya vorteks dan derajat turbulensi yang dihasilkan menjadi kecil. Sehingga dispersi larutan lambat terjadi.

Selain teknologi merubah D-glukosa menjadi D-fruktosa terus dikembangkan. Teknologi pemisahan campuran yang terdiri dari D-glukosa dan D-fruktosa juga terus dikembangkan oleh beberapa peneliti sejak tahun 1980-an. Pada tahun 1984 Richard W Neusoil dkk menemukan suatu metoda untuk memisahkan glukosa dari campuran glukosa dan fruktosa dengan menggunakan zeolit sintetis yang terdiri dari A zeolite tipe molecular sieves 5A, Y zeolite tipe molecular sieves linde SK-40 dan X zeolite tipe molecular sieves 13X. Sebelumnya, zeolite dipreparasi dengan penukaran ion terlebih dahulu dengan kation – kation dari golongan I dan II pada fase cair sebelum digunakan sebagai adsorbent. Pada proses yang menggunakan peralatan adsorben pada temperatur 60°C dan tekanan 50 psig dengan kemampuan penyerap zeolite masing-masing untuk zeolite A 0%, zeolite X 76% glukosa dan zeolite Y 70% fruktosa.⁽²²⁾

Pada tahun 1984 Akimitsu Miyahara Tokyo dkk menemukan suatu metoda menggunakan resin sebagai pertukaran ion yang bersifat asam kuat dari jenis logam tanah alkali. Proses berlangsung dalam fixed bed pada temperatur 60°C dan S.V. 0,4. Dengan konversi 90,2% glukosa dan 8,3% fruktosa⁽²¹⁾

1.2. Permasalahan

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa proses transformasi D-glukosa menjadi D-fruktosa mengalami beberapa masalah. Pada kondisi asam konversi D-fruktosa kecil dengan temperatur rendah dan warna produk putih. Pada kondisi basa konversi D-fruktosa tinggi dengan temperatur tinggi dan warna produk coklat. Dimana pada kedua kondisi ini sama-sama menggunakan perbandingan jumlah katalis terhadap bahan baku tinggi. Dan pada kolom adsorpsi dari penelitian sebelumnya diketahui pemisahan D-fruktosa dari campuran larutan D-glukosa menunjukkan rentang derajat pemisahan yang relatif kecil dan adsorben yang digunakan dalam penelitian relatif sangat mahal, karena menggunakan adsorben hasil sintesis.

Berdasarkan hal diatas permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan konversi D-fruktosa yang tinggi dengan temperatur rendah dan perbandingan jumlah katalis terhadap bahan baku kecil. Serta meningkatkan rentang derajat pemisahan D-fruktosa dari campuran larutan D-glukosa yang relatif tinggi dengan menggunakan adsorben zeolit alam.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mempelajari variabel-variabel proses untuk mendapatkan konversi D-glukosa menjadi D-fruktosa yang tinggi dengan temperatur yang relatif rendah serta rasio katalis dan bahan baku yang kecil dan mengkaji penentuan variabel-variabel pemisahan D-fruktosa dan D-glukosa untuk mendapatkan derajat pemisahan yang relatif tinggi dengan menggunakan adsorben yang relatif murah.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Menaikkan nilai tambah gula pasir baik dari segi kualitas maupun nilai ekonomis dan mengoptimalisasi kebutuhan energi dengan jumlah produk

yang dihasilkan pada suatu sistem proses dan juga menaikkan nilai tambah zeolite alam.

2. Berguna bagi kesehatan manusia.



DAFTAR PUSTAKA

1. Archie W. Culp. Jr. Prinsip-prinsip Konservasi Energi
2. Abdul Kadir. Energi Edisi Kedua 1995.
3. Alberty. A. R. & Daniel . F, 1991 Kimia Fisika Edisi ke 5 Jilid 1 Erlangga. Jakarta.
4. Anna Poedjiadi, Dasar-dasar Biokimia.
5. Clifford A Hampel dan Gessnes G Hawley Thn 1973, The Eyclopedia of Chemistry third edition.
6. Dietrich Fengel dan Gold Wegener, Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi – reaksi.
7. Departemen Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan 1993, Tebu Tegalan
8. Fessenden & Fessenden, Kimia Organik Jilid 2.
9. Frederick W.Parrish dan Natick 1969, Fructose Formation From Glucose.US.Patent 3.431.253.
10. G.V. Tsitsishvili FG. Andronikashvili and G.N. Kirov L.D. Filizova, Zeolit
11. G.H.Taylor, Organic Chemistry For Student Of Biology And Medicine.
12. Hart Suminar., Kimia Organik Edisi Keenam 1987.
13. Herman G. Richey. Jr., Fundamental of Organic Chemistry.
14. Holman.J.P., Perpindahan Kalor.
15. Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical tcnology Vod 18.
16. Lembaga Ilmu Pengetahuan Ind 1994, Zeolite Tinjauan Literature.
17. Mc Graw. Hill, Encyclopedia of Science & Technology Vol 17.
18. Maria. C. Linder, Biokimia Nutrisi dan Metabolisme Editor.
19. Mursi Sutarti dan Minta Rahmawati Pusat Dokumentasi dan Imformasi Ilmiah, Jakarta Zeolite 1994.
20. M. Clyoe day. JR – Joel Selbin, Kimia Anorganik Teori.
21. Miyahara.et.al.1984, Method For The Separation Of Glocose And Fructose.US.Patent 4.472.203.
22. M.R.Mackley and X.NI, Mixing And Dispersion In A Baffled Tube For Steady Laminar And Pulsatile Flow.
23. M.F.Edwards, B.Sc., Ph.D. (Graduate) and W.L.Wilkinson,M.A.,Ph.D., Review Of

Potential Applications Of Pulsating Flow In Pipes.

24. Neusil.et.al.1984, Process For Separating Glucose From Fructose By Selective Adsorption.US.Patent.4.442.285
25. Ni. X and Gao. Siwen, Study of Mass Transfer in Yeast in a Pulsed Baffled Bioreaktor. 1994 , Biotechnology and Bioengineering, U.K.
26. Peter.W.Atkins 1987, Physikalische Chemie VCH Verlagsgesellschaft mbH.
27. Paul H.Scudder, Electron Flow in Organic Chemistry.
28. Prof.Konrad dan Anton J.Hartono, IPTEK Penukar Ion.
29. R.Byron Bird.et.al, Departement Of Chemical Engineering University Of Wisconsin, Transport Phenomena.
30. Rawn Paterson.Biochemistry.
31. S.J.Gregg 1982, Adsorption, Surface Area and Porosity.
32. Sukardjo, Dr.Prof., Ikatan Kimia.
33. Suyartono dan Komardi O.S 1986, Penerapan Model Pengolahan dan Pemanfaatan zeolite Bayah untuk Gas & Cairan.
34. Sidney A.Barker dan Peter J.Somers 1987, Process For Effecting Aldose To Ketose Conversion.US.Patent 4.663.449
35. Syarifuddin Ismail,Prof.Ir., Kinetika Kimia
36. Tjipto Utomo (Lektor Kepala ITB-Jurusan Kimia Teknologi), Teori Dasar Fenomena Transpor.
37. Vogel. Analisis Organik Kuantatif Makro dan Semimikro Edisi kelima.
38. Wega 1992, Karakterisasi, Modifikasi dan pemanfaatan Zeolit Atom, Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.