



## LAPORAN PENELITIAN

### **TRANSMISI PATI, GLUKOSA, DAN FRUKTOSA MELALUI MEMBRAN MIKROFILTRASI**

Oleh :

**I Nyoman Widiasta  
Ratri Nugraheni**

Dibiayai oleh Proyek Pengembangan Pendidikan S1 (DUE – QUE)  
Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional  
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dosen Muda,  
Nomor : 05/DUE – QUE/DM/V/2000 tanggal 22 Mei 2000

## LEMBAR PENGESAHAN

Kategori : Teknik Tahun : 2000  
 Univ./Ins./Akademi : Univ. Diponegoro Fakultas : Teknik  
 Nama Peneliti : I Nyoman Widiasta, ST,MT  
 Ratri Nugraheni,ST

### I. Keterangan Umum

1. Judul : Transmisi Pati, Glukosa, dan Fruktosa melalui Membran Mikrofiltrasi
2. Dibiayai melalui proyek : Pengembangan Pendidikan Tinggi S1 (DUE – QUE), DEPDIKNAS  
 - Nomor : 064/XXIII/4/-/2000  
 - Tanggal : 17 April 2000  
 (dalam kotrak penelitian) : 22 Mei 2000
3. Jumlah biaya penelitian : Rp. 5.000.000,00  
 (lima juta rupiah)
4. Jangka Waktu Penelitian : 6 (enam) bulan, mulai tanggal 22 Mei sampai dengan 22 Desember 2000

### 5. Personalia Penelitian

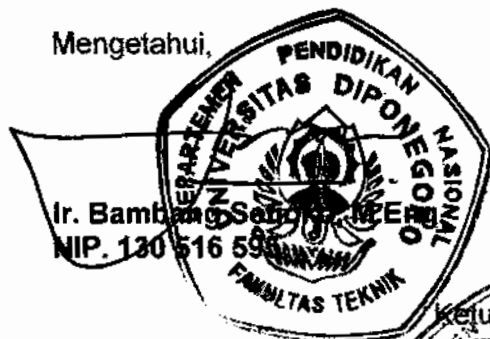
No	Nama	Asal Fakultas /Kelembagaan	Tugas Penelitian
1	I Nyoman Widiasta, ST,MT	Teknik	Ketua
2	Ratri Nugraheni,ST	Teknik	Anggota

### 6. Lokasi Penelitian

Lokasi/Laboratorium	Alamat	Pemilik/Pengelolaan
Laboratorium Penelitian	Teknik Kimia Undip, Jl. Prof. Soedarto Tembalang, Semarang	Jurusan Teknik Kimia Undip

Semarang, 19 Desember 2000  
Ketua Peneliti,

Mengetahui,



*(Handwritten Signature)*

I Nyoman Widiasta, ST, MT  
NIP. 132 132 751

Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian UNDIP



## RINGKASAN

Pembuatan sirup glukosa dan fruktosa mempunyai prospek yang sangat menjanjikan seiring dengan peningkatan kebutuhan gula di Indonesia. Fruktosa adalah salah satu jenis gula yang memiliki tingkat kemanisan 1,5 kali tingkat kemanisan gula kristal (sukrosa). Fruktosa dapat dibuat dengan hidrolisis pati menggunakan enzim amilase dan glucoamilase. Lebih lanjut, glukosa yang dihasilkan diisomerisasi dengan enzim glukoisomerase. Produk komersial mengandung 42, 45, atau 90% fruktosa. Ketersediaan sirup fruktosa juga akan mendukung pengembangan agroindustri sebagai salah satu prioritas pembangunan nasional. Untuk mendapat sistem yang efisien, pemanfaatan bioreaktor membran hollow fiber (HFBR) merupakan alternatif yang sangat menjanjikan.

Pemahaman tentang karakteristik perpindahan pati, glukosa, dan fruktosa mutlak diperlukan untuk pengembangan proses pembuatan gula cair secara enzimatik dengan sistem HFBR. Secara logika, spesies yang ukurannya jauh lebih kecil daripada ukuran pori-pori membran mikrofiltrasi dapat melewati pori-pori membran dengan mudah. Namun, pada kebanyakan kasus didapatkan bahwa fluks permeat menurun secara signifikan dalam waktu yang sangat singkat akibat dari terjadinya *fouling*. Jonsson dkk. [9] menemukan bahwa pada proses mikrofiltrasi, jenis *fouling* berupa penyumbatan pori (*pore blocking*) lebih dominan daripada deposisi pada permukaan membran (*surface deposition*). Hal ini dibuktikan kembali oleh Wenten [10] dengan menggunakan kaldu fermentasi sebagai *foulant*. Terjadinya *fouling* menyebabkan fluks terus menurun sampai mencapai harga minimum (fluks kritik) dimana pada kondisi ini kecepatan konveksi *foulant* ke permukaan membran diimbangi dengan difusi balik ke arah fasa ruah umpan [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari transmisi pati, glukosa, dan fruktosa melalui membran mikrofiltrasi. Berbagai pengaruh parameter operasi yang ditinjau meliputi laju aliran silang (*cross flow*), beda tekanan antar muka membran (TMP), dan konsentrasi umpan. Evaluasi kinerja sistem didasarkan pada prosentase transmisi dan fluks permeat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa transmisi glukosa dan fruktosa melalui membran mikrofiltrasi hampir 100%. Sementara itu, transmisi pati adalah sekitar 10 - 80% bergantung pada komposisi amilopektin dan amilosa. Hal ini berarti bahwa glukosa dan fruktosa yang merupakan produk dari hidrolisis pati dapat dipisahkan dengan pati. Lebih lanjut, studi tentang hidrolisis pati secara enzimatik menunjukkan bahwa pada konsentrasi enzim yang rendah, deposisi enzim pada permukaan membran tidak cukup kuat untuk memberikan efek terhadap penyumbatan pori. Perolehan mobilisasi maksimum sekitar 85 % ( $100.000 \text{ unit aktivitas/m}^2$ ) diperoleh dengan waktu amobilisasi selama 50 menit pada TMP 30 psig (fluks 19 LMH). Unit aktivitas enzim per satuan luas membran yang tinggi sangat penting untuk memperoleh konversi yang tinggi. Selain itu, peningkatan konversi dapat dilakukan dengan mengorbankan fluks sampai batas yang masih layak. Konversi yang tinggi sangat penting untuk menekan biaya pemisahan lebih lanjut (*downstream processing cost*) dan jumlah substrat tidak terkonversi yang terbawa bersama aliran produk.

## KATA PENGANTAR

Laporan penelitian dengan judul "**Transmisi Pati, Glukosa, dan Fruktosa melalui Membran Mikrofiltrasi**" ini didanai melalui proyek Pengembangan Pendidikan Tinggi S1 (DUE – QUE), DEPDIKNAS dalam kontrak No. 064/XXIII/4/–/2000. Laporan ini didasarkan pada kajian secara teoritik dan eksperimental di laboratorium selama periode 22 Mei sampai dengan 22 Desember 2000. Secara garis besar, laporan disusun menjadi 6 bab, yaitu: Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Tujuan dan Manfaat Penelitian, Bab IV Metodologi Penelitian, Bab V Hasil dan Pembahasan, Bab VI Kesimpulan dan Saran.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kantor Depdiknas sebagai pengelola dana penelitian, Jurusan Teknik Kimia UNDIP atas segala fasilitas laboratorium yang tersedia, dan Dr. Ir. I Gede Wenten yang banyak membantu berupa modul membran maupun saran-saran ilmiah.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya untuk pengembangan pendidikan tinggi S1.

Semarang, 22 Desember 2000

Peneliti,

I Nyoman Widiasta  
Ratri Nugraheni

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. Glukosa dan Fruktosa	3
2.2. Proses Membran	4
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	<b>7</b>
3.1. Tujuan Penelitian	7
3.2. Kontribusi Penelitian	7
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>8</b>
4.1. Rancangan Kerja	8
4.2. Materi dan Metode	8
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>10</b>
5.1. Karakterisasi Membran Hollow Fiber	10
5.2. Uji Stabilitas Membran	10
5.3. Studi Pengaruh Parameter Operasi	11
5.4. Reaksi Hidrolisis Pati	13
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>16</b>
6.1. Kesimpulan	16
6.2. Saran	16
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>17</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>18</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Skematik Peralatan Eksperimen	9
Gambar 2. Hasil foto SEM	10
Gambar 3. Karakteristik transmisi pati terlarut melalui membran mikrofiltrasi	12
Gambar 4. Perubahan konversi terhadap waktu	13
Gambar 5. Pengaluran Lineweaver-Burk, $1/S$ vs $1/r_s$	13
Gambar 6. Pengaruh kons. enzim awal thd % amobilisasi	15
Gambar 7. Pengaruh waktu thd % amobilisasi	15
Gambar 8. Dinamika fluks dan konversi untuk konsentrasi pati 1,25 g/l	15

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat-sifat fisik D-Glukosa	3
Tabel 2. Proses-proses filtrasi membran	4
Tabel 3. Rancangan kerja dan metodologi	8
Tabel 4. Pengaruh parameter operasi terhadap transmisi pati, glukosa, dan fruktosa	11

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pembuatan sirup glukosa dan fruktosa mempunyai prospek yang sangat menjanjikan seiring dengan peningkatan kebutuhan gula di Indonesia. Fruktosa adalah salah satu jenis gula yang memiliki tingkat kemanisan 1,5 kali tingkat kemanisan gula kristal (sukrosa). Fruktosa dapat dibuat dengan hidrolisis pati menggunakan enzim amilase dan glucoamilase. Lebih lanjut, glukosa yang dihasilkan diisomerisasi dengan enzim glucoisomerase. Produk komersial mengandung 42, 45, atau 90% fruktosa. Ketersediaan sirup fruktosa juga akan mendukung pengembangan agroindustri sebagai salah satu prioritas pembangunan nasional. Untuk mendapat sistem yang efisien, perlu dilakukan penelitian secara mendasar dan komprehensif.

Belakangan ini, aplikasi teknologi membran dalam reaksi enzimatik banyak mendapat perhatian. Secara umum, pemanfaatan membran dalam reaksi enzimatik dapat dibedakan menjadi dua yaitu membran bioreaktor (MBR) dan bioreaktor hollow fiber (HFBR). Dalam sistem MBR, membran berfungsi sebagai unit pemisahan enzim dari aliran produk. Untuk aplikasi ini, tipe yang tepat adalah membran ultrafiltrasi.<sup>[1-6]</sup> Namun persoalan klasik yang sering muncul dalam proses filtrasi membran adalah polarisasi konsentrasi yang menyebabkan terjadinya *fouling* dan penurunan fluks secara drastis.<sup>[6-8]</sup> Sementara itu, dalam sistem HFBR, membran berfungsi sebagai reaktor dan separator sekaligus, yang memungkinkan pemisahan enzim, substrat, dan produk secara *in situ*. Dalam sistem ini, enzim dapat teramobilisasi pada matriks antara dua lapisan membran yang tidak permeabel terhadap enzim atau pada struktur pori asimetrik membran.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari transmisi pati, glukosa, dan fruktosa melalui membran mikrofiltrasi. Berbagai pengaruh parameter operasi yang ditinjau meliputi laju aliran silang (*cross flow*), beda tekanan antar muka membran (TMP), dan konsentrasi umpan. Evaluasi kinerja sistem didasarkan pada prosentase transmisi dan fluks permeat. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan landasan bagi pengembangan proses pembuatan sirup fruktosa dalam sistem bioreaktor hollow fiber. Selain itu, pendekatan masalah dan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat dipakai untuk konversi enzimatik yang lain.

UPT-POSTAK-DSDIP



## 1.2. Perumusan Masalah

Pemahaman tentang karakteristik perpindahan pati, glukosa, dan fruktosa mutlak diperlukan untuk pengembangan proses pembuatan gula cair secara enzimatik dengan sistem HFBR. Secara logika, spesies yang ukurannya jauh lebih kecil daripada ukuran pori-pori membran mikrofiltrasi dapat melewati pori-pori membran dengan mudah. Namun, pada kebanyakan kasus didapatkan bahwa fluks permeat menurun secara signifikan dalam waktu yang sangat singkat akibat dari terjadinya *fouling*. Jonsson dkk.<sup>[9]</sup> menemukan bahwa pada proses mikrofiltrasi, jenis *fouling* berupa penyumbatan pori (*pore blocking*) lebih dominan daripada deposisi pada permukaan membran (*surface deposition*). Hal ini dibuktikan kembali oleh Wenten<sup>[10]</sup> dengan menggunakan kaldu fermentasi sebagai *foulant*. Terjadinya *fouling* menyebabkan fluks terus menurun sampai mencapai harga minimum (fluks kritik) dimana pada kondisi ini kecepatan konveksi *foulant* ke permukaan membran diimbangi dengan difusi balik ke arah fasa ruang umpan.<sup>[11]</sup>

Salah satu konfigurasi membran yang sangat populer untuk aplikasi skala komersial adalah *hollow fiber*. Konfigurasi ini memiliki rasio luas terhadap volume yang jauh lebih besar dibandingkan konfigurasi *flat and frame*. Meskipun konfigurasi *spiral wound* memberikan luas permukaan kontak yang lebih tinggi, tetapi pemakaian konfigurasi ini terbatas untuk kasus-kasus yang tidak melibatkan partikel, suspensi dan koloid serta memberikan *pressure drop* yang lebih besar. Disamping itu, membran dengan konfigurasi *hollow fiber* lebih mudah diregenerasi.