

# **PRODUKSI HIDROGEN DARI JERAMI PADI SECARA FERMENTASI ANAEROBIK NONFOTOSINTESIS MELALUI HIDROLISIS ENZIMATIK**

**Nama Mahasiswa : Nadiem Anwar**

**NRP : 2307301002**

**Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS**

**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng;**

**Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng**

## **ABSTRAK**

Kebutuhan energi dunia yang semakin meningkat dan penurunan cadangan bahan bakar fosil telah meningkatkan harga bahan bakar fosil. Kondisi ini berpengaruh kepada semua sektor kehidupan. Efek negatif emisi CO<sub>2</sub> akibat pembakaran bahan bakar fosil juga menjadi ancaman bagi kelestarian lingkungan, oleh karena itu perlu dicari alternatif bahan bakar yang melimpah, terbarukan dan ramah lingkungan. Hidrogen salah satu yang menarik untuk dijadikan bahan bakar karena kalor pembakarannya tinggi yaitu 120,1 MJ/kg disamping pembakarannya hanya menghasilkan uap air. Biohidrogen telah dapat dibuat dari berbagai macam karbohidrat sederhana, akan tetapi harga bahan baku tersebut mahal sehingga tidak fisibel secara ekonomi. Indonesia pada saat ini menghasilkan 180 juta ton jerami padi pertahun dengan kandungan selulosa 47% dan hemiselulosa 35%, yang dapat dihidrolisis menghasilkan glukosa dan xilosa, selanjutnya difermentasi menjadi hidrogen.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan hidrogen dari jerami padi. Tujuan tersebut dicapai dengan mempelajari proses pembuatan enzim yang dapat menghidrolisis jerami padi secara efektif, mempelajari pengaruh beberapa kondisi operasi yang penting pada proses hidrolisis enzimatik jerami padi maupun pada fermentasi hidrogen, kinetika dan hidrodinamika pada fermentasi hidrogen dalam bioreaktor tangki berpengaduk.

Enzim dibuat dalam media padat dengan cara mengkombinasikan spora *Aspergillus niger* dengan *Trichoderma reesei* pada berbagai perbandingan. Jerami padi yang akan dihidrolisis didelignifikasi terlebih dahulu menggunakan NaOH 2% pada temperatur 80 °C selama 6 jam. Hidrolisis dilakukan dalam beaker glass yang dilengkapi dengan pengaduk dan pemanas. Fermentasi hidrogen menggunakan *Enterobacter aerogenes* NBRC 13534 dilakukan dalam 4 buah botol 500 mL yang dioperasikan secara paralel dengan memvariasikan temperatur operasi dan konsentrasi substrat (campuran glukosa-xilosa 1,5 : 1) awal. Pengaruh kecepatan pengadukan pada fermentasi hidrogen dipelajari dalam bioreaktor tangki berpengaduk dengan volume kerja 5 L dengan glukosa sebagai substrat. Fenomena yang terjadi dalam fermentasi hidrogen, disimulasikan menggunakan Computational Fluid Dynamic ANSYS FLUENT 13.0.



Kesimpulan dari eksperimen studi hidrolisis adalah: (1) Jerami padi lebih baik dari batang jagung untuk dijadikan substrat pada produksi selulase. (2) Aktivitas selulase enzim yang dibuat dari substrat jerami padi menggunakan *T. reesei* dan *A. niger* masing-masing adalah 1,66 dan 1,69 U/mL, sedangkan dari substrat pohon jagung menggunakan *T. reesei* dan *A. niger* masing-masing adalah 1,35 dan 1,15 U/mL. (3) Enzim yang dihasilkan oleh *T. reesei* maupun *A. niger* terdiri dari beberapa jenis enzim (crude enyme). Enzim-enzim tersebut dibutuhkan untuk menghasilkan gula reduksi. Sampel enzim dari *T. reesei* memiliki aktivitas selulase 1,29 U/mL dan aktivitas xilanase 4,45 U/mL sedangkan dari *A. niger* memiliki aktivitas selulase 0,73 U/mL dan aktivitas xilanase 2,37 U/mL. (4) Enzim yang dihasilkan memiliki aktivitas tertinggi pada temperatur 50–60 °C dan pH 3,0; akan tetapi enzim tersebut paling stabil pada pH 5,5 dan temperatur 40 °C. (5) Campuran enzim menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan enzim tunggal dari *T. reesei* maupun *A. niger* termasuk enzim murni terutama pada rasio enzim kasar dari *T. reesei* dengan enzim kasar dari *A. niger* T/A = 2/1. Pada peningkatan konsentrasi enzim dari 0,47 U/mL menjadi 0,93 U/mL untuk waktu hidrolisis 7 jam menghasilkan peningkatan konsentrasi gula reduksi sebesar 35% yaitu dari 6,4 g/L menjadi 8,7 g/L.

Kesimpulan dari eksperimen studi fermentasi adalah: (1) Fermentasi hidrogen dari campuran glukosa dengan xilosa dipengaruhi oleh konsentrasi awal substrat dan temperatur dan optimum pada konsentrasi awal substrat 16,7 g/L dan temperatur 30 °C dengan yield hidrogen tertinggi 0,356 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi. (2) Fermentasi hidrogen dari hidrolisat alami secara keseluruhan mendekati performa menggunakan hidrolisat sintetis. (3) Fermentasi hidrogen dari campuran glukosa xilosa menggunakan *E. aerogenes* menunjukkan adanya inhibisi oleh substrat dan produk. (4) Model kinetika yang lebih sesuai dengan fermentasi hidrogen dari campuran glukosa-xilosa adalah model kinetika Andrew. Untuk fermentasi pada temperatur 30 °C:

$$\text{Persamaan pertumbuhan sel: } \mu = \frac{4 S_0}{37,5 + S_0 + \frac{S_0^2}{10}} \text{ jam}^{-1}$$

$$\text{Persamaan produksi hidrogen: } r_{p,maks} = \frac{1,67 S_0}{1,7 + S_0 + \frac{S_0^2}{5,2}} \text{ mmol H}_2\text{/L.jam}$$

(5) Fermentasi hidrogen dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Peningkatan kecepatan pengadukan dari 46 sampai 165 rpm meningkatkan perolehan hidrogen dari 0,025 menjadi 0,085 mol H<sub>2</sub>/mol glukosa.

Simulasi telah memperlihatkan bahwa: (1) intensitas turbulensi terbesar terdapat di daerah impeler, dimana dengan meningkatnya kecepatan putar pengadukan maka intensitas turbulensi di seluruh bagian reaktor akan semakin merata yang dapat meningkatkan difusi substrat ke permukaan sel dan meningkatkan laju biogas keluar dari larutan. (2) Dengan meningkatnya pengadukan, fraksi volume biogas yang ada di dasar reaktor semakin kecil yang mengindikasikan lebih banyak gas yang telah naik ke permukaan dan keluar dari reaktor.