

## PRODUKSI GAS HIDROGEN DARI BIOMASSA DENGAN PROSES ANAEROB

**Ahmad Syauqi<sup>\*</sup>, Intan Ratna Kusumawardhany, Laurentius Urip Widodo**

Program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294  
Telepon (031) 8782179, faks (031) 8782257  
Email: asyauq96@gmail.com

### **Abstrak**

*Hidrogen dapat di produksi dari bahan bakar fosil, biomassa dan air, baik dengan proses kimia maupun biologi. Secara biologi hidrogen dapat diproduksi dengan fotosintesis dan fermentasi dimana lebih ramah lingkungan dari pada proses thermo kimia dan elektro kimia. Proses ini menggunakan metode fermentasi gelap karena dinilai lebih efisien dibandingkan fermentasi terang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari waktu dan penambahan volume bakteri yang terbaik Kotoran sapi digunakan sebagai penghasil gas hidrogen dengan bakteri Clostridium Butyricum yang telah dihidrolisis menggunakan metode enzimatik sehingga menghasilkan gula reduksi. Gula reduksi dikonsumsi oleh bakteri Clostridium Butyricum yang akan menghasilkan Gas Hidrogen. Gas hidrogen tertinggi yang dihasilkan yaitu sebesar 2.45 mol H<sub>2</sub>/mol gula.*

**Kata kunci :** anaerob, biohidrogen, biomassa

## HYDROGEN GAS PRODUCTION FROM BIOMASS WITH ANAEROB PROCESS

### **Abstract**

*Hydrogen can be produced from fossil fuels, biomass and water either by chemical or biological processes. Biologically hydrogen can be produced with photosynthesis and fermentation which is more environmentally friendly than chemical and electrochemical thermo process. This process uses the dark fermentation method because it is considered more efficient than bright fermentation. The purpose of this research is to get the optimum time and bacteria volume. Cow dung is used as a producer of hydrogen gas with Clostridium Butyricum bacteria that has been hydrolyzed using enzymatic method to produce reducing sugar. Sugar reduction is consumed by Clostridium Butyricum bacteria which will produce hydrogen Gas. The highest hydrogen gas produced is 2.45 mol H<sub>2</sub> / mol total sugar.*

**Keywords :** anaerob, biohydrogen, biomass

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan ekonomi dan energi di dunia sangat membutuhkan bahan bakar fosil sehingga membuat konsumsi yang sangat tinggi yang mengakibatkan kelangkaan yang sangat cepat, dan mempercepat meningkatnya kadar karbon dioksida, carbon monoksida, sulfur dan nitrogen (SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>) di atmosphere. Meningkatnya konsentrasi dari gas-gas tersebut di lingkungan dapat mengakibatkan

pemanasan global dan dapat mengganggu kesehatan manusia (Pallavi, 2013). Hidrogen dapat menjadi energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil karena energinya bersih dan terbaik sebagai pengganti bahan bakar untuk mobil, truk dan bus (Lee, 2011).

Hidrogen dapat di produksi dari bahan bakar fosil, biomassa dan air baik dengan proses kimia maupun biologi. Secara biologi hidrogen dapat diproduksi dengan fotosintesis dan fermentasi

dimana lebih ramah lingkungan dari pada proses thermo kimia dan elektro kimia (Pattra, 2008). Dengan menggunakan kotoran sapi berpotensi sebagai bahan baku utama penghasil hidrogen karena pada hasil analisis didapatkan kadar selulosa sebesar 21.53%, hemiselulosa sebesar 27.76% dan lignin sebesar 16.03%. Komposisi kotoran sapi yang digunakan yaitu total padatnya 15%(w/w), cairan yang menguap 85% dari padatnya, total karbon 45% dari padatan, total nitrogen 2.5% dari padatan dan pH 6.6 (Yokohama, 2007).

Mikroorganisme yang mampu menghasilkan gas hidrogen yaitu genus *Clostridium* seperti *Clostridium butyricum*, *C. acetobutylicum*, *C. saccharoper butylacetonicum*, *C. pasteurianum*. Spesies *Clostridium* adalah organisme anaerobic yang mampu mengkonversi heksosa menjadi hidrogen dengan hasil 2 mol hidrogen /mol heksosa. *Clostridium butyricum* mampu menghasilkan hidrogen dengan substratnya glukosa dan xilosa dengan hasil 2.0 dan 2.3 mol H<sub>2</sub>/mol glukosa (Pattra, 2008). *Clostridium butyricum* mampu merubah glukosa menjadi butirat, asetat, CO<sub>2</sub>, dan hidrogen (Nigel,1989). *Clostridium butyricum* memiliki karakteristik berupa gram positif pembentuk spora, bersifat anaerob obligat dan hidup di usus besar manusia dan hewan, serta tanah. Sebagai salah satu mikroflora dalam tubuh, *Clostridium butyricum* berperan dalam menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA), terutama asam butirat, asetat dan propionat serta sejumlah asam format dan laktat (Miwatani, 1990).

Dalam penelitian ini produksi hidrogen dihasilkan dengan proses biokimia menggunakan metode dark fermentasi (fermentasi gelap). Dark fermentasi merupakan proses yang terjadi dibawah kondisi anaerobik, yang mampu mengubah gula sederhana menjadi hidrogen. Dark fermentasi ini sangat dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme yang digunakan dan suhu ruangan. Hasil maksimal yang bisa di dapat secara teori untuk selulosa yaitu sebesar 4 mol H<sub>2</sub>/mol glukosa pada proses fermentasi asam asetat. Dan pada kondisi fermentasi yang lain mengalami penurunan menjadi 2 molH<sub>2</sub>/mol heksosa. (Krzystof, 2015). Dalam proses ini bakteri melaku-kan *hidrogenase* sebagai sarana mengoksidasi substrat yang berkurang selama fermentasi (Lee. 2011).

Kotoran sapi adalah limbah peternakan yang merupakan buangan dari usaha peternakan sapi yang bersifat padat dan dalam proses pembuangannya sering bercampur dengan urine dan gas seperti metana dan amoniak. Gas hidrogen dapat dihasilkan dari bahan bakar fosil seperti gas alam dan naptha, yang didalam proses tersebut menghasilkan gas CO<sub>2</sub> sebagai emisi yang terbentuk. Selain menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan, berdasarkan pembakaran hidrogen juga menghasilkan air sebagai emisinya dan juga memiliki energi yang tinggi yaitu

142 kJ/g atau 2.75 kali lebih tinggi dari pada hidrokarbon apapun. (Gadow, S.I., 2012). Produksi hidrogen dapat terbentuk dari reaksi asam butirat dan asam asetat sebagai berikut :



Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari waktu dan penambahan volume bakteri yang terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang diperlukan kotoran sapi kering yang diambil di peternakan Sinar Agung Surabaya, bakteri *Clostridium Butyricum* yang dibeli di Universitas Airlangga kampus B, aquadest, alkohol 70%, yeast ekstrak, enzim selulase, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (Merck), DNS (Sigma. India), larutan buffer pH 5,5, larutan buffer pH 3, CMC *Carboxymetil Cellulose* (Sigma, USA), DNS (Sigma. India), Gas Nitrogen, glukosa (Merck), Xilanase dari A. Niger (Sigma, USA), Xylan from Oat Spelts (Sigma-Aldrich, Germany), malam, alumunium foil, cling wrap.

### Peralatan

Alat yang digunakan adalah neraca analitik (Ohaus), tedlar bag, Bunsen, Erlenmeyer 250 ml yang telah dimodifikasi (iwaki), pipet volume 10 ml, GC-2010 plus (Shimadzu, Jepang), laminar flow, *Incubator* (Incucell), gelas ukur, kaca arloji. *Vacuum pump* (Weich), *Spectrophotometer* (Cecil, England), *senrifuge* digital (Hermle Labortechnik, Germany), *Incubator* (Incucell), *Furnance Lin High Therm VMK 135* Germany.

### Pelaksanaan Penelitian

Kotoran sapi sebagai bahan baku utama yang diperoleh dari peternakan Sinar Agung Surabaya. Kotoran sapi yang diambil sudah dalam bentuk yang kering. Kemudian sampel tersebut dihaluskan dengan blender. Selanjutnya sampel yang telah halus discreening dengan ukuran 100 mesh hingga sampel berubah menjadi bubuk. Kotoran sapi yang telah mempunyai ukuran seragam di enzimatis menggunakan enzim selulase dan xilanase dengan jumlah 6,11U/1gram kotoran sapi. Menggunakan komposisi enzim selulase sebanyak 3,31 ml dan enzim xilanase sebanyak 2,8 ml di campurkan dengan kotoran sapi dengan di atur suhu enzimatis 60 °C dan shaker dengan kecepatan 125 rpm selama 48 jam. Setelah itu di ambil sebanyak 120 ml hidrolisat kotoran sapi dan ditambahkan nutrisi berupa yeast ekstrak sebanyak 6 gram, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,35 gr/l sebanyak 3 ml dan larutan buffer pH 5,5 sebanyak 9 ml.

Diambil sebanyak 12 ml larutan hidrolisat kotoran sapi dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan Bakteri *Clostridium*

*Butyricum* ke dalam larutan hidrolisat dengan menambahkan volume bakteri sebesar 4, 6, 8, 10, 12 ml. Kemudian erlenmeyer ditutup dengan adaptor yang dilengkapi dengan saluran ke hidrogen bag dan di inkubasi dalam inkubator shaker selama 14–16 jam pada suhu 37 °C dan di shaker dengan kecepatan 125 rpm.

Sebanyak 12 ml dari hasil aklimatisasi yang telah berusia 14–16 jam ditambahkan larutan hidrolisat glukosa sebanyak 120 ml sehingga volume menjadi 132 ml dan ditutup dengan adaptor yang dilengkapi dengan saluran (selang) yang dihubungkan dengan hidrogen bagian penutup dilapisi dengan cling wrap dan plastisin untuk mencegah kebocoran gas. Sebanyak 1 ml larutan yang difermentasi tersebut diambil menggunakan jarum suntik steril setiap jam ke 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 dan 96 kemudian dilakukan analisa kadar glukosa menggunakan metode DNS (*Asam Dinitrosalisilat*), serta analisa kadar hidrogen dengan menggunakan Gas Chromatograph (GC).

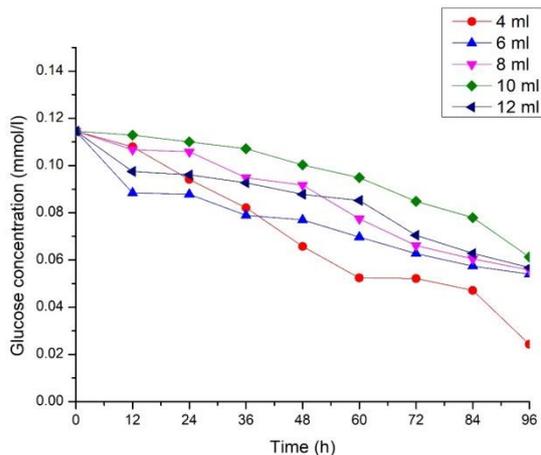
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil analisis kandungan hemiselulosa, selulosa, dan lignin pada kotoran sapi dapat dilihat pada Tabel 1.

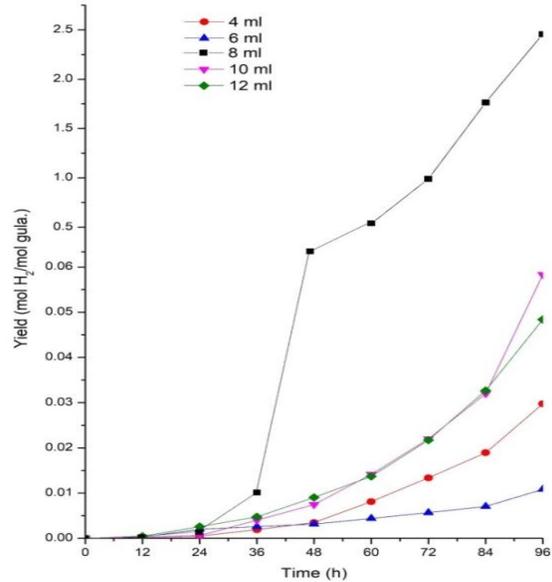
**Tabel 1.** Hasil Analisa Kandungan Kotoran Sapi

Kandungan	Kadar
Selulosa	21.53%
Hemiselulosa	27.76 %
Lignin	16.03 %

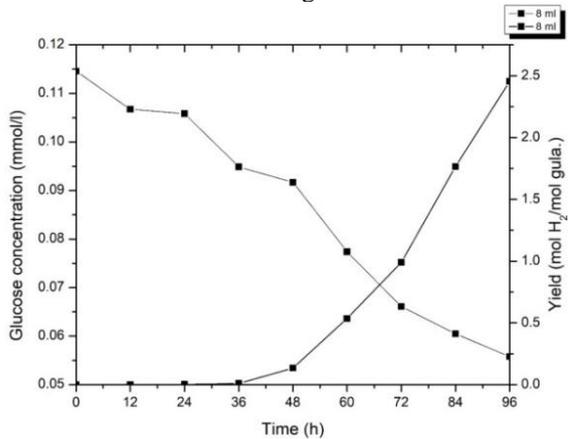
Terlihat pada Tabel 1, bahwa kandungan dari kotoran sapi terdiri dari: selulosa sebesar 21.53%, hemiselulosa sebesar 27.76%, dan lignin sebesar 16.03%.



**Gambar 1.** Hubungan waktu terhadap kadar gula reduksi



**Gambar 2.** Hubungan waktu terhadap produksi gas Hidrogen



**Gambar 3.** Hubungan konsentrasi gula reduksi terhadap produksi gas Hidrogen

Gambar 1., menunjukkan bahwa lamanya waktu fermentasi menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi gula reduksi. Hal tersebut terjadi karena pengonsumsi gula oleh bakteri *Clostridium Butyricum* yang menyebabkan penurunan konsentrasi gula reduksi. Namun pada variabel penambahan bakteri sebanyak 4 ml terjadi penurunan konsentrasi gula yang signifikan tetapi menghasilkan gas hidrogen yang sedikit, karena gula yang dikonsumsi oleh bakteri tidak di rubah menjadi gas hidrogen melainkan menjadi produk samping seperti asam asetat maupun asam butirat. Menurut Argun (2008) bahwa adanya akumulasi produk didalam media yang berperan sebagai produk inhibitor sehingga menghambat proses degradasi gula dan menyebabkan metabolisme sel tidak berjalan dengan baik. Hidrogen dihasilkan dari metabolisme sel selama fermentasi anaerob.

Gambar 2., menunjukkan bahwa lamanya waktu fermentasi mengakibatkan meningkatnya produksi gas hidrogen. Untuk variabel penambahan

volume bakteri sebanyak 8 ml mengalami peningkatan produksi gas hidrogen yang sangat signifikan yang terjadi dari jam ke- 36 hingga jam ke- 96 hal tersebut terjadi karena gula reduksi yang terkandung di dalam hidrolisat di rubah menjadi hidrogen oleh bakteri *Clostridium Butyricum*. Untuk variabel penambahan volume bakteri sebanyak 4 ml, 6 ml, 10 ml, dan 12 ml mengalami penambahan hidrogen secara terus menerus meskipun tidak terlalu signifikan yang memungkinkan terjadinya perubahan gula reduksi menjadi CO<sub>2</sub> dan menjadi asam asetat maupun asam butirat sedangkan menurut Widjaja (2016) bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat, kekuatan ionik didalam larutan semakin tinggi sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran antara produksi hidrogen menjadi asam. Konsentrasi asam dalam larutan yang semakin tinggi menghambat produksi hidrogen. Penghambatan terjadi ketika asam masuk kedalam dinding sel dan mempengaruhi peningkatan energi yang digunakan oleh sel sehingga menghambat proses glikolisis dan pembentukan hidrogen.

Gambar 3, menunjukkan bahwa peningkatan produksi gas hidrogen seiring dengan penurunan kadar konsentrasi gula reduksi yang terjadi pada proses fermentasi dengan hasil terbaik. Penurunan kadar konsentrasi gula reduksi menandakan bahwa gula yang terkandung telah terkonversi menjadi hidrogen karena dikonsumsi oleh bakteri *Clostridium Butyricum*. Hasil gas hidrogen yang didapat dari reaksi tersebut dianalisa dan dihitung volume hidrogennya. Gas dianalisa dengan GC (Gas Chromatography) dan perhitungan volume gas hidrogen didapat menggunakan metode *water displacement*. Dari hasil GC diperoleh yield hidrogen hasil fermentasi. Untuk variabel penambahan bakteri sebanyak 4ml di peroleh hasil sebesar 0,0297 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi, sedangkan untuk variable penambahan bakteri sebanyak 6 ml di peroleh hasil sebesar 0,0108 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi, untuk variable penambahan bakteri sebanyak 8 ml diperoleh hasil sebesar 2,456 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi, untuk variable penambahan bakteri sebanyak 10 ml diperoleh hasil sebesar 0,0583 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi, dan untuk variabel penambahan bakteri sebanyak 12 ml diperoleh hasil sebesar 0,0483 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi. Menurut Kotay (2006) yang mempelajari pengaruh konsentrasi glukosa murni pada fermentasi hidrogen menggunakan *Bacillus coagulans* IIT-BT SI menyatakan bahwa pada temperatur 37 °C, laju pembentukan hidrogen meningkat dengan meningkatnya konsentrasi glukosa 0.5–2.5 % w/v dan selanjutnya menurun.

## SIMPULAN

Diperoleh kesimpulan semakin lama waktu fermentasi maka gula yang dikonsumsi oleh bakteri semakin banyak sehingga produksi gas hidrogen akan semakin tinggi. Yield hidrogen yang dihasilkan melalui kedua reaksi pembentukan gas hidrogen menunjukkan hasil terbaik yaitu pada variabel penambahan bakteri sebanyak 8 ml yang memproduksi gas hidrogen sebesar 2.45 mol H<sub>2</sub>/mol gula reduksi terkonsumsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Argun, H., Kargi, F., Kapdan, I.K., Oztekin, R. 2009. 'Batch dark fermentation of powdered wheat starch to hydrogen gas: Effect of the initial substrate and biomass concentrations'. *International Journal of Hydrogen Energy* 33 page 6109 - 6115
- Gadow, S.I., Li, Yu-You., Liu, Y. 2012. 'Effect of temperature on continuous hydrogen production of cellulose'. *International journal of hydrogen energy* 37 (2012) 15465 – 15472
- Lee, D.J., Show, K.Y., Su, Ay. 2011. *Dark fermentation on biohydrogen production: pure culture*. *Bioresource Technology* 102 (2011) 8393 – 8402
- Miwatani, T. 1990. *A Profile of Intestinal Bacteria*. Tomotari Mitsuoka (ed). Yakult Honsha Co, Ltd, Tokyo.
- Nigel, P.M. 1989. Departement of Anaerobic Microbiology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia 24061, U.S.A.
- Pattra, S., Sangyoka, S., Boonmee, M., Reungsang, A. 2008. 'Bio-hydrogen production from the fermentation of sugarcane bagasse hydrolysate by clostridium butyricum'. *International journal of hydrogen energy* 33 (2008) 5256 - 5265
- Sinha, P., Pandey, A. 2013. 'Biohydrogen production from various feedstocks by bacillus firmus NMBL-03'. *International journal of hydrogen energy* xxx (2013) 1 – 8
- Urbaniec, K., Bakker, Rob R. 2015. 'Biomass residues as raw material for dark hydrogen fermentation'. *International journal of hydrogen energy* 40 (2015) 3648 – 3658
- Widjaja, A. 2016. *Enzim Lignoselulolitik dan Aplikasinya*. ITS Press Surabaya

Yokohama, H., Waki, M., Ogino, A., Ohmori., H., Tanaka, Y. 2007. *Effect of fermentation temperature on hydrogen production from cow waste slurry by using anaerobic microflora within slurry*. Received: 19 December 2005 / Revised: 20 August 2006 / Accepted: 22 August 2006 / Published online: 5 October 2006# Springer-Verlag 2006