

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PRODUKSI HIDROGEN PADA REAKTOR ANAEROB DENGAN SUBSTRAT KULIT PISANG

ANALYSIS TEMPERATURE EFFECT OF HYDROGEN PRODUCTION WITH ANAEROBIC REACTOR FROM BANANA PEEL SUBSTRATE

Wenny Harifadillah. A¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si, M.Si², Ahmad Qurthobi, S.T., M.T³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot - Bandung- 40257, Indonesia

¹ wennyzn@gmail.com, ² jakasantang@gmail.com, ³ qurthobi@gmail.com

Abstrak

Salah satu bentuk dari energi terbarukan adalah biomassa, biomassa diperoleh dari bahan organik dan biasanya merupakan produk buangan. Biomassa merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi tinggi untuk dikembangkan. Dari bahan tersebut, dihasilkan beberapa gas yang bermanfaat seperti hidrogen. Hidrogen memiliki kalor pembakaran tertinggi yaitu dan merupakan energi bersih karena hasil pembakaran hanya menghasilkan uap air.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses fermentasi anaerobik. Pada proses ini tidak menggunakan bakteri tambahan, atau enzim, hanya melakukan tahap *pre-treatment* dengan melakukan pemanasan substrat selama 15 menit. Selama proses berlangsung suhu akan dijaga konstan dalam kondisi *mesophilic*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah digester anaerob berbahan kaca dengan dimensi tinggi 23 cm, diameter sebesar 11 cm dan volume substrat sebesar 1.4 liter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar gas hidrogen tertinggi dihasilkan mencapai 47% pada hari kedua untuk substrat kulit pisang. Dimana temperatur substrat dijaga konstan pada 25°C.

kata kunci : biomassa, hidrogen, fermentasi, digester anaerob

Abstract

One form of renewable energy is biomass, biomass obtained from organic matter and usually a waste product. Biomass have a high potential to be developed. From this material, can produced some gases such as hydrogen. Hydrogen has the highest combustion heat and clean energy because the combustion produces only water vapor.

The methods use in this research is anaerobic fermentation. This process does not use the additional bacteria or enzymes, just do pre-treatment stage with warm up the substrate for 15 minutes. During this process the temperature will be kept constant with mesophilic condition in 25°C, 28°C, 31°C, 34°C, and 37°C. The reactor used in this research is a digester anaerobic made from glass with dimensions high 23 cm, diameter 8.5 cm and a volume of substrates 1.4 liters.

Results of research showed that the highest levels of hydrogen gas produced 47% on the second day for the substrate of banana peel. When the temperature of substrate kept constant at 25 °C.

Keywords: biomass, hydrogen, fermentation, anaerobic digester.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pisang merupakan tanaman yang tidak mengenal musim karena selalu berkembang setiap waktu, biasanya pisang hanya dimanfaatkan pada bagian daging buahnya saja, sehingga kulit pisang hanya dibuang dan menjadi limbah yang tidak berguna. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa komposisi kulit pisang banyak mengandung air yaitu 68,90 % dan karbohidrat sebesar 18,50 % . [1]

Gas hidrogen merupakan salah satu hasil pengolahan biomassa yang memiliki beberapa keuntungan diantaranya memiliki nilai panas yang tinggi dan ramah lingkungan. Pembakaran sempurna gas hidrogen hanya menghasilkan uap air (H_2O) sehingga tidak menimbulkan pencemaran udara. Hidrogen adalah bahan bakar yang bebas dari emisi CO_2 dan bisa diproduksi dengan mudah. [2]

Karena hidrogen selalu berikatan dengan unsur lain maka untuk mendapatkannya secara murni perlu dipisahkan. Salah satu cara untuk mendapatkan hidrogen adalah dengan fermentasi yaitu konversi hidrokarbon secara biologis dengan menggunakan bantuan bakteri, dimana karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi pada bakteri. Pada umumnya hidrogen dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana, karena proses elektrolisis secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Hidrogen dapat dihasilkan melalui reformasi hidrokarbon: $C_6H_6O_{12} + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + 2CO_2 + 2CH_3COOH$. [3]

Untuk menghasilkan produksi optimal hidrogen dari kulit pisang, perlu ditinjau dari berbagai faktor yang mempengaruhinya, salah satunya adalah optimalisasi dari pengaruh temperatur, karena

temperatur lingkungan substrat menentukan populasi bakteri untuk menghasilkan hidrogen. Oleh karena itu, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui temperatur yang efektif dalam produksi gas hidrogen agar lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang diteliti dalam tugas akhir ini adalah menentukan temperatur efektif agar menghasilkan hidrogen yang optimal dengan substrat kulit pisang.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah memperoleh produksi hidrogen lebih optimal dengan substrat limbah kulit pisang.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini, ada beberapa batasan masalah yang digunakan. Berikut adalah penjelasan beberapa batasan yang akan digunakan.

1. Kulit pisang yang digunakan adalah jenis pisang Raja (*Musa textilia*).
2. Reaktor yang digunakan adalah yang terbuat dari kaca dengan besar volume 2 liter.
3. Komposisi substrat kulit pisang adalah 70% dari besar volume reaktor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dengan pengkondisian perbedaan temperatur pada kondisi tertentu diketahui temperatur yang tepat untuk produksi gas hidrogen optimal pada substrat kulit pisang sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan biogas pada produksi gas hidrogennya.

2. Dasar Teori

2.1 Biohidrogen

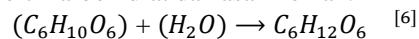
Biohidrogen merupakan energi terbarukan yang sangat banyak dilirik saat ini, karena dapat menjadi solusi keterbatasan energi. Biohidrogen dapat diperoleh dari pemanfaatan limbah organik, yang diproses melalui fermentasi. Biohidrogen memiliki keistimewaan, di mana dapat diolah menjadi bahan bakar tanpa polutan. Proses pembakaran pada gas hidrogen sama sekali tidak menghasilkan emisi karbon. Hidrogen dapat diproduksi dengan memanfaatkan organisme bakteri melalui proses fermentasi atau fotoproduksi, untuk merombak substrat organik (limbah dan nonlimbah) menjadi energi hidrogen. [5]

2.2 Produksi hidrogen

Berikut ini merupakan tahapan dalam proses pembentukan biogas :

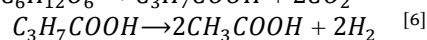
1. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang menjadi senyawa yang sederhana. Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak.



2. Asidogenesis

Asidogenesis adalah pembentukan asam dari senyawa sederhana. Pada tahap ini memproses senyawa terlarut pada hidrolisis menjadi asam-asam lemak rantai pendek. Pada tahap ini pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam asetat, propinat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butir, gas karbondioksida, hidrogen, dan amonia. [7]



2.3 Produksi Hidrogen Melalui Fermentasi

Fermentasi hidrogen merupakan fermentasi bahan organik dengan hasil akhir berupa hidrogen. Fermentasi ini dilakukan secara anaerobik. Proses fermentasi hidrogen ini membutuhkan karbohidrat sebagai substrat penyokong, melibatkan hidrogenase, dan hasil/*yield* hidrogen maksimum dengan asam asetat sebagai produk fermentasi. Hidrogen dapat diproduksi oleh bakteri anaerob yang tumbuh ditempat gelap dan kaya akan karbohidrat. Proses ini memproduksi campuran biogas yang mengandung gas utama seperti H_2 dan CO_2 , selain itu juga mengandung campuran asam seperti asam butir. [9]

2.4 Kulit Pisang

Pisang merupakan buah yang banyak mengandung karbohidrat, baik buah ataupun kulitnya. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa komposisi kulit pisang banyak mengandung air yaitu 68,90 % dan karbohidrat sebesar 18,50 %. Karbohidrat adalah suatu zat gizi yang berfungsi sebagai asupan energi utama, dimana tiap gramnya menghasilkan 4 kalori (17 kilojoule) energi pangan per gram. ^[1]

Tabel 2.1 Unsur Gizi Dalam Kulit Pisang ^[1]

Energi	108 Kalori
Protein	1,3 gr
Lemak	0,3 gr
Karbohidrat	28,2 gr
Kalsium	21 mg
Phospor	59 mg
Fe	0,4 mg
Vitamin A	0,12 mg
Vitamin B1	0,06 mg
Vitamin C	17 mg
Air	70,65 gr

2.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Proses Anaerobik

Lingkungan besar pengaruhnya pada laju pertumbuhan mikroorganisme baik pada proses aerobik maupun anaerobik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik antara lain: temperatur, pH, konsentrasi substrat dan zat beracun. ^[4]

2.6 Pengaruh Temperatur Terhadap Bakteri

Temperatur mempengaruhi aktivitas bakteri penghasil hidrogen dan laju produksi. Reaksi fermentasi gelap hidrogen dapat dioperasikan pada temperatur yang berbeda, mesofilik (25-40°C), termofilik (40-65 °C), ekstrim termofilik (65-80 °C), atau hipertermofilik (>80 °C). Bakteri akan menghasilkan enzim yang lebih banyak pada temperatur optimum. Semakin tinggi temperatur reaksi juga akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang. Beberapa jenis bakteri dapat bertahan pada rentang temperatur tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Dayatahan Hidup Bakteri ^[10]

Jenis Bakteri	Rentang Temperatur (°C)	Termperatur Optimum (°C)
<i>Cryophilic</i>	2-30	12-18
<i>Mesophilic</i>	20-45	25-40
<i>Thermophilic</i>	45-75	55-65

3. Metodologi Penelitian

3.1 Alat Dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Reaktor berbahan kaca
2. *Hot Plate Stirrer*
3. Plastik
4. Termometer
5. Panci
6. Kompor
7. Penghancur/pengaduk makanan (blender)
8. Pengaduk
9. Gelas Ukur
10. Timbangan
11. Plastisin

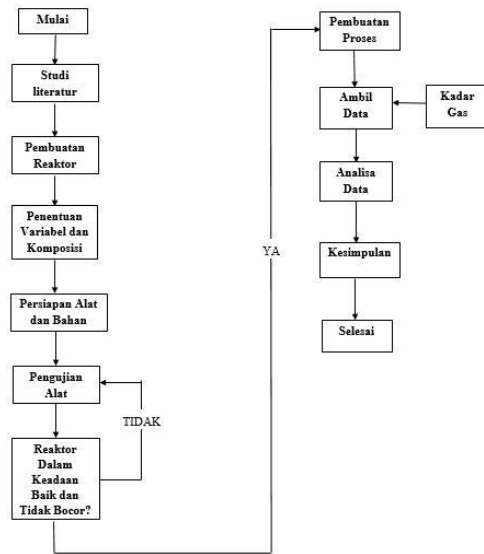
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kulit pisang
2. Gula
3. Air

Penambahan air dan gula digunakan sebagai bahan untuk membantu efektivitas penghasil hidrogen selama proses fermentasi.

3.2 Diagram Alir Penelitian

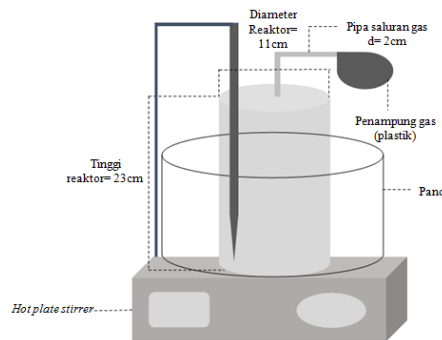
Dalam penelitian kali ini dilakukan beberapa tahap yang dapat dibuat dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Perancangan System

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor berbahan kaca dengan proses fermentasi anaerob dapat dilihat pada gambar 3.2, dengan volume 2 liter memiliki dimensi tinggi 23 cm dan diameter sebesar 11 cm sedangkan pipa saluran gas berdiameter 2cm. Alat lain yang mendukung pada reaktor ini adalah balon sebagai tempat penampung gas dan *syringe*, untuk mengambil sampel gas yang nantinya akan diuji kadar gasnya.



Gambar 3.2 Perancangan Sistem Reaktor

3.4 Variabel Pengujian Dan Variabel Yang Diukur

Ada beberapa variabel pengujian dan variabel yang diukur di dalam penelitian kali ini, adalah sebagai berikut.

3.4.1 Variabel Pengujian

Variabel yang pengujian adalah variabel yang diubah, yaitu temperatur pada reaktor untuk fermentasi.

3.4.2 Variabel Yang Diukur

Adapun variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah:

1. Temperatur
2. Kadar gas
3. Volume

3.5 Langkah Penelitian

Langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat yang digunakan telah terkalibrasi dengan benar yaitu termometer. Digester yang digunakan dalam kondisi baik diuji apakah bocor atau tidak selama berisi substrat.
2. Campurkan semua bahan dengan komposisi yang telah ditentukan seperti tabel 3.1, lalu hancurkan dan aduk menggunakan blender selama 1 menit hingga menjadi bubur, setelah itu panaskan selama 10 menit.

Tabel 3.1 Bahan Dan Komposisi Substrat

Bahan	Komposisi (gram)
Kulit pisang	600
Gula	120
Air	1000 ml

3. Langkah selanjutnya ukur dan atur temperatur pada digester dengan beberapa kondisi temperatur berbeda yaitu 25°C, 28°C, 31°C, 34°C, 37°C, kemudian ulangi kondisi tersebut dengan komposisi yang telah ditentukan.
4. Analisa kadar gas hidrogen menggunakan metode Kromatografi Gas Analisis data dilakukan dengan menggunakan alat kromatografi gas. Sampel yang telah di dapatkan melalui proses fermentasi menggunakan balon selama 24 jam, akan diukur volume dan disuntik dengan *syringe* untuk diambil gasnya, setelah itu ditutup dengan karet dengan tujuan gas tidak dapat keluar dari suntikan. Suntikan dibawa ke laboratorium kromatografi gas ITB untuk mengetahui komposisi gas yang telah dihasilkan. Pengambilan data dilakukan pada jam ke- 48.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengamatan Kadar Gas

PERCOBAAN A

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Gas Percobaan A

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
I	176	Hidrogen	-	-
		Karbon dioksida	-	-
II	595	Hidrogen	47.470	312.551
		Karbon dioksida	52.529	282.448

PERCOBAAN B

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Gas Percobaan B

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
I	187	Hidrogen	-	-
		Karbon dioksida	-	-
II	634	Hidrogen	18.352	116.352
		Karbon dioksida	81.647	517.647

PERCOBAAN C

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Gas Percobaan C

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
I	284	Hidrogen	-	-
		Karbon dioksida	-	-
II	326	Hidrogen	13.086	42.661
		Karbon dioksida	86.913	283.338

PERCOBAAN D

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Gas Percobaan D

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
------	-------------------	----------	--------------------	-----------------

I	226	Hidrogen	-	-
		Karbon-dioksida	-	-
II	320	Hidrogen	13.103	41.930
		Karbon-dioksida	86.896	278.069

PERCOBAAN E

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Gas Percobaan E

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
I	210	Hidrogen	-	-
		Karbon-dioksida	-	-
II	165	Hidrogen	1.552	2.562
		Karbon-dioksida	98.447	162.437

DATA PENDUKUNG (PERCOBAAN 1)

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Gas Percobaan 1

Hari	Volume Total (ml)	Nama Gas	Persentase Gas (%)	Volume Gas (ml)
I	25	Hidrogen	-	-
		Karbon-dioksida	-	-
II	37	Hidrogen	-	-
		Karbon-dioksida	-	-

Produksi hidrogen yang memiliki potensi tinggi terdapat pada percobaan A dimana suhu dijaga konstan 25°C. Fermentasi dengan bakteri anaerobik dapat memproduksi gas, khususnya H_2 dan CO_2 . Temperatur 25°C merupakan temperatur optimal pada bakteri jenis *mesophilic*, dimana dapat bertahan pada perubahan temperatur $\pm 2,8^\circ C$.

Produksi akhir dari fermentasi tergantung dari proses reaksi dan substrat yang digunakan. Dilaporkan juga dalam kenyataannya, 4 mol H_2 /glukosa tidak bisa secara ideal dihasilkan karena produk akhir biasanya mengandung asetat dan butirat.^[13]

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa percobaan A mencapai hasil yang paling maksimal dimana temperatur dijaga pada suhu 25°C dengan kandungan substrat kulit pisang 600 gram, gula 120 gram, dan air 1000 ml. Pada kondisi ini 25°C merupakan temperatur optimal untuk pertumbuhan bakteri *mesophilic* pada fermentasi anaerob, dimana efisiensi mol H_2 mencapai 0.448%. Ini menunjukkan bahwa kulit pisang yang difermentasikan dengan temperatur 25°C memiliki peluang besar untuk biohidrogen di Indonesia dan selanjutnya bisa dikembangkan melalui teknologi yang semakin meningkat.

5.2 Saran

1. Dilakukan pengkondisian suhu dalam fase termofilik, dan menambahkan bakteri karena bakteri penghasil hidrogen bekerja pada saat suhu termofilik, untuk hasil yang lebih optimal.
2. Perlu dilakukan pemantauan beberapa variabel seperti komposisi, pH, tekanan, agar dilakukan analisa lebih mendalam.

Daftar Pustaka

- [1] Siti Sulastri. 2012. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Raja (Musa textillia) sebagai Bahan Pengganti Tepung (Powder Substitution)*. Kebumen: SMA Negeri 1 Kutowinangun.
- [2] Endri, dkk. 2007. *Rancang Bangun Alat Penghasil Gas H_2 Dari Limbah Organik*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [3] Timoteus, dkk. 2012. *Fermentasi Hidrolisat Enzimatik Bagasse Tebu Menjadi Hidrogen*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Renita Manurung. 2004. *Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit*. Medan: Universitas Sumatra Utara.

- [5] Muhammad Sidiq, H. 2009. *Produksi Biohidrogen Melalui Fermentasi Bakteri Fotosintetik Rhodobium Marinum Dan Isolat Sanur*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [6] Yokoyama, dkk. 2008. *Paduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa*. Japan: The Japan Institute of Energy.
- [7] Ahmad Shantosi. 2016. *Tahapan Proses Pembuatan Biogas*. <http://www.agrinak.com/2016/01/tahapan-proses-pembuatan-biogas.html>, 7 Februari 2017.
- [8] Khairul Anam. 2010. *Pemanfaatan Biomassa Untuk Produksi Biohidrogen*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [9] Yokoyama, dkk. 2008. *Paduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa*. Japan: The Japan Institute of Energy.
- [10] Hari Tiarasati. 2013. *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Biohidrogen dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Fermentasi Anaerobik pada Kondisi Termofilik untuk Kapasitas Produksi 495, 1694 Ton/Tahun*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [11] Bening Maria, S. 2014. *Analisis Produksi Hidrogen Secara Fermentasi Anaerobik Oleh Limbah Makanan Dengan Digester*. Bandung: Universitas Telkom.
- [12] Anonym. Tanpa tahun. *Digital magnetic stirrer with heating CERAMIC GLASS PLATE "RSLAB-4C"20 liters*. http://www.rogosampaic.com/epages/289299.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/289299/Products/%2257%20200%20012%22, 20 Desember 2016.
- [13] Khanal, S. (2008). *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production*. Manoa: Wiley-Blackwell.