



e-ISSN Number  
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

*Journal of Chemical Process Engineering*

Volume 7 Nomor 1 (2022)



SINTA Accreditation  
Number 28/E/KPT/2019

**Produksi Biohidrogen dari Sampah Organik Kulit Pisang dengan cara Fermentasi Anaerob dengan Peninjauan Analisa Ekonomi Sederhana**  
*(Biohydrogen Production from Organic waste of Banana Peels by Anaerobic Fermentation with Reviewing Simple Economic Analysis)*

**Setyawati Yani<sup>1,3</sup>, N Nurjannah<sup>1,3</sup>, M Muhlis<sup>2,3\*</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo km. 05 Makassar, 90231

<sup>2</sup> Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Jl. Harapan Baru kompleks SKPD Blok A No. 6 Kab. Sidrap, 91611

<sup>3</sup> Magister Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo No. 225 Makassar, 90231

**Inti Sari**

Pembuatan biohidrogen dari limbah organik telah banyak dilakukan oleh para peneliti oleh karena biohidrogen ini cukup menjanjikan sebagai bahan bakar alternative yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Tujuan dari penelitian ini salah satunya adalah untuk mengetahui analisa ekonomi terhadap produksi gas biohidrogen dari limbah kulit pisang. Mula mula preparasi limbah kulit pisang dengan pengecilan ukuran, kemudian dicampurkan dengan lumpur dan aquadest dengan perbandingan tertentu. Setelah itu dimasukkan kedalam fermentor dan dilakukan fermentasi anaerob untuk waktu tertentu dan variasi pH. Gas yang terbentuk diukur menggunakan gas analyser. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa Dengan menggunakan analisa ekonomi sederhana dengan menghitung rincian biaya untuk sekali produksi diperoleh BEP unit sebanyak 620 l dan BEP rupiah di sekitaran Rp. 9.300.000. dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produksi biohidrogen ini layak untuk dikembangkan.

**Kata Kunci:** Biohidrogen; kulit pisang; analisa ekonomi; BEP; limbah organik

**Key Words :** Biohydrogen; Banana peel; economic analysis; BEP; Organic waste

**Abstract**

*The making of biohydrogen from organic waste has been done by researchers because it is quite promising as an alternative fuel that can replace fossil fuels. the purpose of this research is to know the economic analysis of biohydrogen gas production from banana peel waste. first the preparation of banana skin waste by reducing the size, then mixed with mud and distilled water with a certain ratio. after that it is inserted into the fermenter and anaerobic fermentation is carried out for a certain time and pH variation. gas formed is measured using a gas analyzer. from this study the results obtained that by using a simple economic*

**Published by**

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

**Address**

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

**Email :**

[jcpe@umi.ac.id](mailto:jcpe@umi.ac.id)

**\*Corresponding Author**

[muhlis\\_m@gmail.com](mailto:muhlis_m@gmail.com)



**Journal History**

Paper received : 31 Maret 2022  
Received in revised : 05 Mei 2022  
Accepted : 29 Mei 2022

*analysis by calculating the breakdown of costs for once the production of BEP units obtained as much as 620 liters and the rupiah BEP around Rp. 9,300,000. from the results of this study it can be concluded that the production of biohydrogen is feasible to be developed.*

## PENDAHULUAN

Pemakaian bahan bakar fosil di Indonesia yang berlebihan dan terjadi sejak dahulu telah mengakibatkan semakin langkanya persediaan bahan bakar. Adanya krisis energi dan masalah lingkungan yang ditimbulkan, maka perlu dikembangkan suatu energi alternatif yang dapat menggantikan peran bahan bakar berbasis fosil [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk menuntut semakin meningkatnya kebutuhan energi. Penemuan baru di bidang energi alternatif dari biomassa semakin berkembang. Salah satu energi alternatif yang berpotensi untuk di kembangkan adalah biohidrogen [2].

Biohidrogen merupakan sumber energi yang bersih, efisien, dan dapat diperbaharui karena proses pembakaran biohidrogen di udara hanya menghasilkan uap air dan energi panas. Keunggulan dari biohidrogen adalah dapat dihasilkan dari bahan yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan, hasil pembakaran berupa uap air yang tidak menyebabkan efek rumah kaca, hujan asam dan merusak lapisan ozon

Limbah organik yang cukup melimpah di Indonesia adalah kulit pisang. Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya, yaitu kira-kira 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Pada umumnya kulit pisang ini belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai sampah yang dapat menimbulkan suatu permasalahan [3] [4].

Berdasarkan data produksi pisang di Indonesia terlihat pada Tabel. 1 bahwa jumlah biohidrogen dari limbah kulit pisang secara fermentasi anaerob, yang ditinjau dari segi kelayakan analisa ekonominya apakah layak untuk dikembangkan lebih jauh atau memerlukan efisiensi di beberapa tahap yang diperlukan. Berdasarkan latar belakang diatas, dilakukan penelitian lebih dalam mengenai proses produksi.

Tabel. 1 Produksi Pisang di Indonesia Pertahun

Tahun	Produksi (ton)
2010	5.814.576
2011	6.132.695
2012	6.189.046
2013	6.279.279
2014	6.862.559
2015	7.299.266
2016	7.007.117
2017	7.128.695
2018	7.264.379

(Sumber : [5])

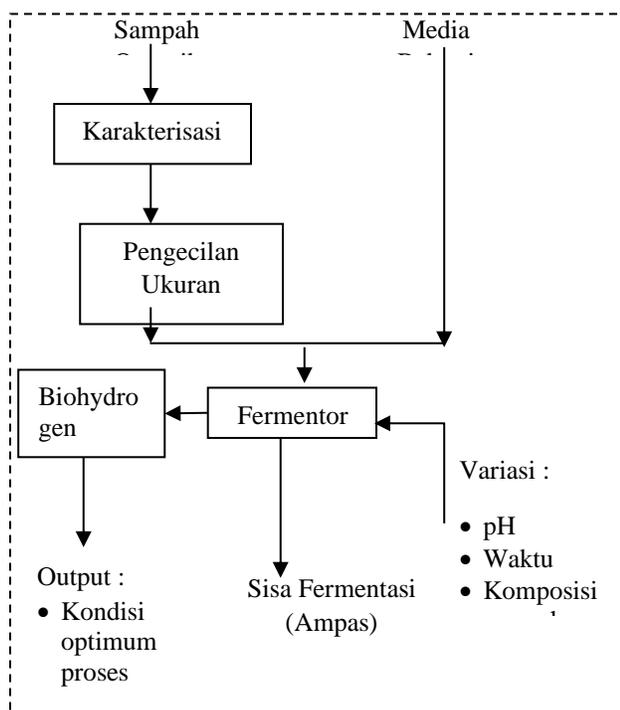
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Riset Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia selama 3 bulan.

Adapun alat alat dan bahan penelitian yang digunakan selama peneltian berlangsung adalah Rangkaian alat produksi biohidrogen yang terdiri atas Fermentor dan flow meter serta alat alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium. sedangkan untuk bahan baku yang digunakan diperoleh dari pasar tradisional Tamamaung Makassar, media bakteri penghasil hydrogen digunakan lumpur yang diperoleh dari parit yang tidak mengalir (buntu) dari kampung Pampang, Makassar, serta limbah lumpur dari Industri pengolahan rumput laut PT. Bantimurung Indah kabupaten Maros Sulawesi Selatan. Selain bahan baku utama tersebut juga digunakan aquadest sebagai pelarut, asam klorida dan Natrium Hidroksida sebagai bahan pengatur pH.

Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengecilan ukuran kemudian sampah tersebut dicampurkan dengan lumpur dan aquades dengan perbandingan tertentu (ratio sampah:lumpur:air). Campuran tersebut dimasukkan kedalam fermentor dan dilakukan pengaturan pH awal dari campuran sesuai dengan kondisi yang di inginkan. Kemudian fermentasi anaerob dijalankan untuk waktu tertentu. Gas yang terbentuk diamati melalui flowmeter dan

komposisi gas hydrogen diukur menggunakan gas analiser.



Gambar 1. Desain penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

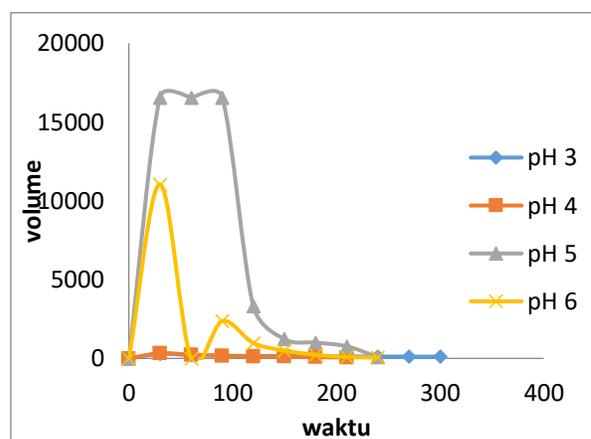
### Pengaruh pH pada produksi biohydrogen dari limbah kulit pisang

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan data pengaruh pH pada produksi biohydrogen dari limbah kulit pisang dapat dilihat pada table berikut

Tabel. 2 Pengaruh pH pada produksi biohydrogen dari limbah kulit pisang

t (menit)	Volume Molar gas H <sub>2</sub> (l/mol)			
	pH 3	pH 4	pH 5	pH 6
0	0	0	0	0
30	282.93	324.53	16551.22	11034.15
60	212.20	231.49	16551.22	0.00
90	173.31	170.63	16551.22	2364.46
120	156.14	120.81	3310.24	973.60
150	147.12	115.34	1226.02	494.07
180	134.56	83.17	1003.10	225.19
210	123.06	54.62	769.82	95.67
240	116.15		82.34	52.63
270	111.83			
300	111.83			

Dalam proses pembentukan biohydrogen dari sampah dan lumpur ini, dilakukan dengan proses fermentasi yang melibatkan bakteri pengurai sehingga gas H<sub>2</sub> dapat terbentuk/ bakteri tertentu hanya dapat hidup pada kondisi pH tertentu pula. Pada table dapat dilihat bahwa produksi gas H<sub>2</sub> terus meningkat dari pH 3 hingga 5 namun turun di pH 6. Hal ini menandakan bahwa adanya aktivitas bakteri pengurai yakni bakteri *Escherichia coli* dan *Enterobacter* sebagaimana yang telah dipaparkan oleh peneliti sebelumnya mengenai bakteri yang berperan untuk fermentasi anaerob dari bahan organik (yang mengandung selulosa & karbohidrat) yakni dari genus *Escherichia coli* dan *Enterobacter*. [6]



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu dengan volume molar gas H<sub>2</sub> dalam berbagai variasi

Pada grafik menunjukkan paling tinggi gas H<sub>2</sub> terbentuk pada pH 5 sedangkan pada pH 6 tidak ada produksi H<sub>2</sub> yang terdeteksi, hal ini kemungkinan karena bakteri yang digunakan untuk proses fermentasi tidak dapat bertahan hidup pada kondisi pH tersebut. [7]

Waktu juga mempengaruhi proses fermentasi, terlihat pada grafik didapatkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka produksi H<sub>2</sub> semakin berkurang, kecuali pH 5 pada waktu 30, 60, dan 90 90 menit. Produksi gas H<sub>2</sub> konstan.

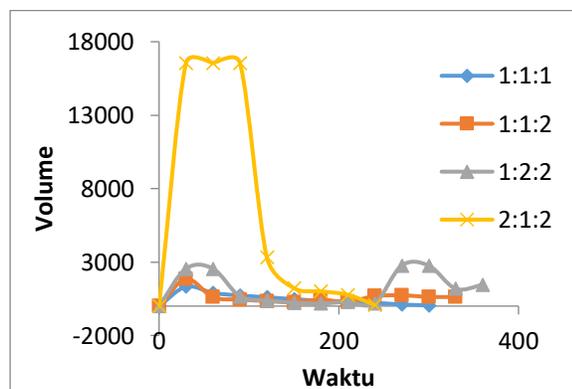
### Pengaruh ratio sampel pada produksi biohydrogen dari kulit pisang

Pengaruh ratio sampel pada produksi biohydrogen dari kulit pisang dapat dilihat pada table berikut

Tabel 3. Pengaruh ratio sampel pada produksi biohydrogen dari kulit pisang

t (menit)	Volume Molar gas H <sub>2</sub> ( l/mol)			
	1 : 1 : 1	1 : 1 : 2	1 : 2 : 2	2 : 1 : 2
0	0.00	0.00	0.00	0.00
30	1324.10	1839.02	2546.34	16551.22
60	894.66	601.86	2546.34	16551.22
90	719.62	441.37	662.05	16551.22
120	601.86	341.26	380.49	3310.24
150	466.23	271.33	226.73	1226.02
180	359.81	429.90	177.02	1003.10
210	282.93	295.56	275.85	769.82
240	228.29	675.56	189.16	82.34
270	103.45	735.61	2758.54	
300	55.36	624.57	2758.54	
330		624.57	1182.23	
360			1439.24	

Pada Table 2 didapatkan bahwa produksi gas H<sub>2</sub> paling tinggi yaitu pada rasio 2:1:2. Hal ini menunjukkan bahwa air berperan dalam proses penguraian sampah dan aktivitas bakteri [8] [9]. Air berperan dalam proses hidrolisis karbohidrat menjadiglukosa. Pada table 2 juga menunjukkan bahwa produksi gas H<sub>2</sub> konstan pada rasio 2:1:2 dengan waktu 30,60, dan 90 menit.

Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu dengan volume molar gas H<sub>2</sub> dengan variasi komposisi bahan

Dari grafik terlihat jelas bahwa untuk variasi komposisi bahan (kulit pisang:lumpur:aquades) didapatkan hasil terbaik produksi biohydrogen pada variasi 2:1:2 hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada variasi tersebut sesuai untuk tempat berkembangnya

mikroorganismenya yang dapat mengubah karbohidrat menjadi biohydrogen.[10]

### Analisis Ekonomi

Analisa ekonomi yang sederhana dapat dibuat untuk memperlihatkan kelayakan suatu proses produksi untuk dikembangkan lebih jauh lagi. Berikut adalah rincian proses yang dilakukan untuk satu kali produksi secara batch dengan hasil 15 l/batch.

Tabel 4. Daftar Fixed cost proses biohydrogen

No	Fixed Cost	Kuantitas	Biaya (Rp)
1.	Rangkaian alat Fermentor	1	850.000,-
2.	Tangki Air	1	300.000,-
3.	Tangki Produk	1	450.000,-
4.	Gaji	2	1.500.000,-
Total FC			3.100.000,-

Tabel 5. Daftar Variabel cost proses biohydrogen

No	Variabel Cost	Kuantitas	Biaya (Rp)
1.	Bahan Baku	1 batch	0
2.	Listrik dan Air	1 batch	100.000,-
3.	Biaya lain-lain		50.000,-
Total VC			150.000,-

Harga Jual per Unit (P) = Rp. 15.000,-  
 Jumlah Penjualan (JP) = 15 x @ Rp. 15.000,  
 = Rp. 225.000,-  
 Biaya tetap per unit (FCU) = Rp. 3.100.000/15  
 = Rp. 206.667,-  
 Biaya variable perunit (VCU) = Rp. 150.000/15  
 = Rp.10.000,-

$$\text{BEP unit} = \frac{FC}{P-VCU} = 620 \quad (1)$$

$$\text{BEP rupiah} = \frac{FC}{1-VC/JP} = \text{Rp. 9.300.000,-} \quad (2)$$

Dari hasil perhitungan titik impas penjualan ada pada 620 liter produk dan dengan pendapatan Rp. 9.300.000. artinya keuntungan baru dapat diperoleh setelah menjual lebih dari 620 liter atau melebihi sales Rp. 9.300.000. Break Event poin (BEP) ini bisa di minimalisir jika dilakukan efisiensi pada fixed cost maka akan menurunkan titik impas pada pendapatan atau menaikkan harga jual untuk menurunkan titik impas pada jumlah produk yang dihasilkan.

### Analisis Dampak Lingkungan

Banyaknya limbah dari kulit pisang yang dihasilkan dan tanpa ada pengolahan lanjutan, dapat menimbulkan potensi pencemaran lingkungan. Kulit pisang yang ditangani dengan cara dibakar, dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Kelembapan dari limbah kulit pisang mempengaruhi partikel yang tidak terbakar untuk terbang ke udara yang dapat dilihat dalam bentuk asap maupun gas yang kasat mata.

Adanya lumpur pada saluran pembuangan dan sampah-sampah yang dibuang ke got mengakibatkan air mudah menggenang (tidak mengalir sebagaimana mestinya) sehingga menyebabkan banyaknya aktivitas mikroba di got dan apabila ada aliran deras atau hujan maka akan mengakibatkan airnya meluap yang akan mengotori lingkungan. Hal ini jugsan menimbulkan bau yang tidak sedap.

Gas  $H_2$  akan menimbulkan ledakan dan kebakaran saat bercampur dengan udara. Jika ada kebocoran, maka dapat menyala dengan spontan. Selain itu gas  $H_2$  sangat panas dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang sehingga dapat menyebabkan kasus kebakaran tidak terduga

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa :

- pH dan rasio bahan baku optimum untuk produksi biohidrogen adalah pH 5 dan rasio 2:1:2
- Dari hasil analisa kelayakan ekonomi tersebut maka produksi biohidrogen dari limbah kulit pisang dan lumpur got layak untuk dilakukan.
- Analisis lingkungan dari segi bahan baku menunjukkan pemanfaatan limbah kulit pisang dan lumpur got dapat mengurangi resiko pencemaran lingkungan dan banjir. Dan dari segi produk perlu penanganan khusus terhadap produk biohidrogen yang dihasilkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saeful Anhari, Sitti Harnina Bintari, Ibnul Mubarak, D. S. (2016) 'Produksi Biohidrogen dari Limbah Organik Cair Molase dan Vinasse Menggunakan Bakteri *Rhodobium Marium*', *Life Science*, 5(2), pp. 108–117.
- [2] Nendyo Adhi Wibowo dan Bambang Eka Tjahjana (2015) 'Pengembangan Energi Alternatif Biohidrogen Berbasis Biomassa Limbah Kakao Dan Kopi', *Pengembangan Energi*, 2(2), pp. 113–122
- [3] Setyawati Yani , Takdir Syarif, R. R. (2011) 'Produksi Biohidrogen, Sumber Energi Masa Depan, Dari Limbah Organik Kulit Pisang Secara Fermentasi Anaerob', *Prosiding Seminar Nasional*, 1, pp. 443–448.
- [4] Fadlil, F., Rochim B.C., Wiratni B. (2019). Eksplorasi Produksi Biohidrogen dari Fraksi Organik Sampah Rumah Tangga dengan Penambahan Zat Aditif N,P dan K. 8(2)
- [5] Biro Pusat Statistik, 2018, "Statistika Indonesia", Biro Pusat Statistika, Jakarta.
- [6] Bhatia, S. K., Jagtap, S. S., Bedekar, A. A., Bhatia, R. K., Rajendran, K., Pugazhendhi, A., Rao, C. V., Atabani, A. E., Kumar, G., & Yang, Y. H. (2021). Renewable biohydrogen production from lignocellulosic biomass using fermentation and integration of systems with other energy generation technologies. *Science of the Total Environment*, 765, 144429
- [7] Syauqi, A., Kusumawardhany, I. R., & Widodo, L. U. (2018). Produksi Gas Hidrogen Dari Biomassa Dengan Proses Anaerob. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(1), 17–21.
- [8] Sarlinda, F., Sarto, S., & Hidayat, M. (2018). Kinerja dan kinetika produksi biohidrogen secara batch dari sampah buah melon dalam reaktor tangki berpengaduk. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 32
- [9] Nurkholis, N., Sarto, S., & Hidayat, M. (2017). Pengaruh Organic Loading Rate Pada Produksi Biohidrogen dari Sampah Buah Melon (*Cucumis melo L.*) Menggunakan Reaktor Alir Pipa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(1), 12.
- [10] Ambara, R. (2018). Pengaruh Konsentrasi Hidrolisat Kulit Durian Terhadap Produksi Biohidrogen Menggunakan Kultur Campuran. Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara