

Produksi Gas Hidrogen Dari Limbah Tebu Menggunakan Reaktor *Anaerob* Sederhana

Reza Ayu Febriana, Mukhammad Ramdhan Kirom, Amaliyah R. I. U.

Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Jl. Terusan Buah Batu, Bandung

rezaayufebriana@gmail.com, mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id, amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Tebu merupakan produk pertanian yang banyak dihasilkan di wilayah Indonesia sebagai bahan baku produksi gula pasir dengan limbah berupa ampas tebu dan tetes tebu. Limbah yang banyak mengandung glukosa atau karbohidrat merupakan bahan potensial untuk produksi gas hidrogen melalui proses fermentasi anaerob. Pada penelitian ini, komposisi limbah pengolahan tebu dianalisis untuk mengetahui komposisi optimal dalam produksi gas hidrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak produksi gas hidrogen terjadi pada jam ke-48. Gas hidrogen yang dihasilkan paling optimal diperoleh dari tetesan tebu sebanyak 62,8837%, ampas tebu 47,4056% dan pencampuran ampas tebu-tetes tebu 59,4877%.

Kata kunci—ampas tebu, tetes tebu, reaktor anaerobik, produksi hidrogen

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi sudah menjadi bagian kebutuhan sehari-hari setiap orang yang saat ini sebagian besar disediakan dari bahan bakar minyak bumi. Namun hal ini sudah menjadi permasalahan tiap negara di dunia disebabkan keterbatasan sumber minyak bumi dan efek rumah kaca yang disebabkan oleh kandungan karbon dioksida yang terus bertambah sebagai hasil pembakaran minyak bumi. Karena itu, diperlukan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil. Salah satu sumber energi alternatif yang potensial adalah hidrogen, mengingat hasil pembakarannya tidak menghasilkan karbon dioksida dan hanya uap air saja. Kalor pembakaran hidrogen sebesar 120,1 MJ/kg hampir 3 kali kalor pembakaran minyak bumi [1]. Hidrogen dapat dihasilkan melalui proses fermentasi dari limbah-limbah pertanian seperti limbah pengolahan tebu menjadi gula.

Setiap tahunnya Indonesia menghasilkan limbah ampas tebu sebanyak 47 juta ton. Potensi ampas tebu di Indonesia menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2012, cukup besar dengan komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9%, blotong 11,6%, ampas 32,0%, dan abu 3,5% [2].

Pembuatan gas hidrogen secara komersial dilakukan dengan cara proses kimia fisika yaitu reaksi reformasi gas alam dengan *steam reforming*, dan elektrolisis air. Proses tersebut membutuhkan energi eksternal untuk menghasilkan gas hidrogen. Gas hidrogen bisa juga diproduksi lebih

ekonomis secara biologis dengan cara fermentasi biomassa baik dengan sinar (*photo fermentation*) maupun tanpa sinar (*dark fermentation*) [3].

Berdasarkan jenis proses tersebut, yang memiliki proses produksi biohidrogen yang paling optimal adalah fermentasi menggunakan mikroorganisme secara non-fotosintetik atau *dark fermentation*. Kelebihan yang dimiliki pada proses ini, misalnya dapat menghasilkan H₂ tanpa membutuhkan cahaya matahari, substrat yang digunakan bervariasi dan tidak membutuhkan biaya yang besar [4].

Mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses *dark fermentation* adalah genus dari genus *clostridium* dan genus *Enterobacter*. Genus *clostridium* bersifat obligatif anaerob sedangkan *enterobacter* bersifat fakultatif anaerob. *Enterobacter* adalah sebuah bakteri *coliform*, dengan adanya bakteri ini menunjukkan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik yang bersifat berbahaya pada kesehatan [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi yang efektif dalam memproduksi gas hidrogen dari limbah ampas tebu dan tetesan tebu sebanyak 3 kali percobaan yaitu limbah ampas tebu (100 gram), tetesan tebu (100 gram), dan pencampuran ampas:tetes (50 gram:50 gram) dengan metode *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi dengan campuran bakteri *enterobacter aerogenes* pada saat proses fermentasi. Penelitian ini dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan tentang pengolahan limbah organik menjadi gas hidrogen melalui teknologi digester anaerob, dan juga memberikan saran kepada masyarakat sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan sehingga pencemaran limbah organik dapat dikurangi.

II. METODE

A. Tahap Perlakuan awal

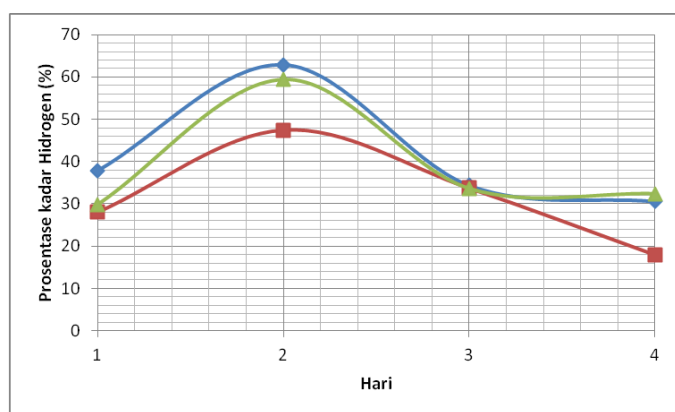
Pada proses perlakuan awal ampas tebu dipotong-potong dan dijemur kemudian digiling dan diayak. Selanjutnya ampas tersebut dimasukkan ke dalam larutan basa NaOH 4% hingga larut dan dikeringkan. Sedangkan pada tetes tebu sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam wadah untuk dipanaskan diaduk sehingga diperoleh larutan homogen.

B. Tahap Hidrolisis

Seluruh hasil dari pretreatment ampas tebu dan tetesan tebu di hidrolisis menggunakan buffer nitrat 0,1 M dengan pH = 3. Hidrolisis dilakukan selama 42 jam.

C. Tahap Fermentasi

Fermentasi dilakukan dengan bantuan bakteri enterobacter aerogenesis. Proses fermentasi ini dilakukan dalam reaktor sederhana terbuat dari bahan stainless steel untuk bagian dalam dan bahan PVC untuk bagian luar dengan volume 3 liter selama 96 jam. Sampel dilakukan dengan 3 komposisi berbeda. Sampel A hanya tetes tebu saja 100 gram. Sampel B hanya ampas tebu 100 gram yang sudah dilakukan tahap perlakuan awal. Dan sampel C yang terdiri dari campuran sama besar antara tetes tebu dan ampas tebu. Gas yang telah dihasilkan akan ditampung dalam balon gas hidrogen, yang komposisinya akan dianalisis menggunakan Kromatografi Gas.



Gambar 1. Hasil gas hidrogen yang dihasilkan untuk setiap sampel selama proses 4 hari. Warna biru untuk sampel A, warna merah untuk sampel B, dan warna hijau untuk sampel C.

III. HASIL DAN DISKUSI

Dari data percobaan pada gambar 1 untuk sampel A terlihat bahwa kadar gas hidrogen (H_2) mencapai 37,86 %. Hal itu dikarenakan proses tumbuh bakteri penghasil gas hidrogen ini dimulai pada jam ke-24 sampai jam ke-48 [5]. Apabila kurang dari 24 jam maka produksi gas hidrogen yang dihasilkan menjadi kurang maksimal. Sedangkan pada hari kedua, produksi kadar gas hidrogen diproduksi di atas 50% yaitu sebanyak 62,88%. Hal itu dikarenakan konsentrasi gula pada larutan telah banyak dikonsumsi oleh bakteri *enterobacter aerogenesis* untuk melakukan metabolisme. Hasil dari metabolisme fermentasi bakteri tersebut adalah gas hidrogen [5]. Selain itu, ukuran partikel juga mempengaruhi. Dalam cairan ukuran partikel sangat kecil menyebabkan luas permukaannya menjadi lebih besar. Luas permukaan yang besar ini mengakibatkan difusi ion menjadi semakin banyak sehingga gas yang dihasilkan lebih besar. Pada data hari ke tiga dan ke empat terjadi penurunan kadar hidrogen, yaitu sebesar 37,86% dan 3,77%. Hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri penghasil gas hidrogen diawali pada jam ke-24 dan

puncaknya pada jam ke-48, setelah itu mengalami penurunan [5].

Dari data sampel B pada hari pertama proses fermentasi menghasilkan gas hidrogen 28 %. Ampas tebu sebagai substrat yang berbentuk ukuran padatan memerlukan waktu untuk memecah dari senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana sehingga dapat menghasilkan gas hidrogen [5]. Sedangkan pada hari kedua dapat diketahui bahwa produksi kadar gas hidrogen lebih kecil dari kadar gas nitrogen jika dibandingkan dengan hasil dari larutan tetesan tebu yang hasil gas hidrogennya lebih maksimal. Hal ini terjadi karena faktor laju reaksi zat padat yaitu luas permukaan. Semakin kecil ukuran zat padat maka akan semakin cepat bereaksi. Ampas tebu jika dibandingkan dengan tetesan tebu, partikelnya lebih kecil tetesan tebu. Hal itulah yang menyebabkan tetesan tebu hasilnya lebih maksimal dibanding ampas tebu [6]. Dan hari ke tiga proses ampas tebu ini juga mengalami penurunan sama seperti pada proses tetesan tebu, dimana bakteri *enterobacter aerogenesis* mengalami puncak pertumbuhan untuk bermetabolisme menggunakan substrat untuk dirubah menjadi gas hidrogen maksimum jam ke-48 dan selanjutnya menurun. Sedangkan pada hari ke empat, terjadi penurunan gas hidrogen, sebanyak 15,74%.

Data hari pertama dari sampel C menunjukkan bahwa pada proses fermentasi menghasilkan kadar gas hidrogen sebesar 29,78%. Pada hari kedua terlihat produksi kadar gas hidrogen meningkat dibandingkan dengan hari pertama. Hal ini terjadi karena bakteri telah banyak mengkonsumsi gula pada ampas maupun tetes sebagai substrat yang digunakan untuk menghasilkan produk berupa gas [7]. Selain itu hasil produksi gas hidrogen pada ampas dan tetes ini lebih baik jika dibandingkan dengan ampas tebu, karena pada percobaan ini digunakan juga tetes dan partikel tetes lebih kecil sehingga mempercepat reaksi. Dari data sampel di hari ke tiga ini terlihat bahwa terjadi penurunan gas hidrogen, yang cukup jauh yaitu sebesar 25,85%. Sama seperti halnya pada tetesan dan ampas tebu, bakteri mengalami puncak pertumbuhan pada jam ke-48 untuk bermetabolisme, setelah itu mengalami penurunan. Akibat menurunnya gas hidrogen ini menyebabkan meningkatnya kadar gas nitrogen. Pada hari ke empat menunjukkan telah menghasilkan sedikit gas CH_4 (0,009%) yang menunjukkan adanya jalur fermentasi ke proses metanogenesis pada hari keempat. Ini menunjukkan memang, waktu operasi dan waktu tinggal (HRT) hanya berada posisi optimum saat hari ke dua.

IV. KESIMPULAN

Tetes tebu bisa digunakan sebagai sumber energi alternatif penghasil gas hidrogen dengan metode fermentasi anaerob menggunakan bakteri *enterobacter aerogenesis*. Pertumbuhan bakteri penghasil gas hidrogen dimulai pada jam ke-24, dengan puncak pada jam ke-48 yang dapat menghasilkan gas hidrogen 62,88%. Hasil ini memperlihatkan pengaruh campuran ampas tebu akan mengurangi laju proses pembentukan gas hidrogen dan mengurangi kumulatif gas hidrogen yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. K.Wang, V. Ivanov, H. T. Joo, T. H. Yung, "Handbook of Enviromental Engineering", Volume 10, Enviromental Biotechnology, Springer Science, hal. 343, 2010
- [2] T. Yuwono, E. Rolanda, A. Widjaja, Suprijanto, "Fermentasi Hidrolisat Enzimatik Bagasse Tebu Menjadi Hidrogen", Jurnal Teknik Pomit, vol. 1 no. 1, hal. 1-5, 2012
- [3] J. J. Lay, Y. J. Lee, T. Noike,"Feasibility of Biological Hydrogen Production From Organic Fraction of Municipal Solid Waste", Water Research, 33, hal. 2579-2583, 1999
- [4] C. F. Chu, Y. Y. Li, K. Q. Xu, Y. Ebie, Y. Inamori, H. N. Kong, "A pH and Temperature Phased Two Stage Process for Hydrogen and Methane Production From Food Waste", International Journal of Hydrogen Energy, 33, hal 4739-4746, 2008
- [5] Mitha Dwiana Dewi, Anwar Nadiem, "Pengaruh Konsentrasi Substrat Pada Proses Produksi Hidrogen Secara Fermentasi Anaerob Menggunakan Enterobacter Aerogenesis", Jurnal Teknik Kimia ITS, 2010
- [6] Endri Sugianto, "Rancang bangun alat penghasil gas H₂ dari limbah organik", Tugas Akhir DIII Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2007, dipublikasikan di halaman web eprints.uns.ac.id
- [7] Imam Sucipto, "Biogas as Fermentation Product of Baggase Hydrolysate Using Consortium Thermopilic Bacteria of Manure", Program Studi Biokimia Institut Pertanian Bogor, dipublikasikan di halaman web <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/13081>