

Bioetanol Nira Kelapa sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan

Abdul Haris Mulyadi, Teguh Wibowo

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. Raya Dukuwaluh PO BOX 202 Purwokerto 53182

Telepon (0281)636751, 630463, 634424 pesawat 130

e-mail : harismulvadi@yahoo.com

Abstrak

Saat ini telah mulai dikembangkan bahan bakar alternatif yang dinamakan bioetanol. Bioetanol mengandung 35% oksigen, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Bioetanol bersifat ramah lingkungan, karena gas buangnya rendah terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai polutan, seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca. Nira kelapa merupakan salah satu sumber karbohidrat dari palma yang belum dikaji secara mendalam untuk digunakan sebagai bahan baku industri bioetanol, walaupun secara tradisional sudah lama dimanfaatkan untuk pembuatan minuman beralkohol. Untuk mengkaji penggunaan nira kelapa sebagai bahan baku bioetanol sangat perlu diuji bagaimana pengaruh kadar gula nira kelapa dan waktu fermentasi terhadap efisiensi fermentasi sehingga didapatkan kondisi operasi yang layak. Penelitian ini menggunakan Rancangan faktorial, dimana masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 2 kali. Faktor yang digunakan adalah kadar gula nira kelapa dan waktu fermentasi. Data hasil penelitian selanjutnya diuji dengan anova, perbedaan signifikan jika $p \text{ value} < 0,05$. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nira kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol. Faktor kadar gula nira kelapa, waktu fermentasi dan interaksi antar faktor memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap perolehan bioetanol. Hasil penelitian ini dapat digunakan pada proses produksi bioetanol dari nira kelapa yang banyak terdapat di Kabupaten Banyumas sementara pemanfaatannya belum optimal.

Kata kunci : Bioetanol, Nira kelapa.

Pendahuluan

Sejak revolusi industri pada era 1800-an, strategi efisiensi biaya produksi per unit dipilih guna memacu produksi segala jenis barang atau jasa dalam skala massal. Selain untuk produksinya, usaha skala massal juga membutuhkan energi yang luar biasa besarnya guna mempromosikan barang dan jasa tersebut. Dalam situasi ini, pertumbuhan ekonomi terlihat relatif tinggi sebagai konsekuensi dari tingginya tingkat produktivitas. Namun tanpa disadari, tingginya produktivitas ini juga berimplikasi tingginya dampak lingkungan di satu sisi dan dampak sumber daya alam di sisi lain.

Dampak pencemaran lingkungan antara lain terbukti tingginya pencemaran udara ambient di kawasan perkotaan akibat penggunaan bahan bakar fosil. Juga semakin massifnya gas-gas rumah kaca di lapisan atmosfer kita, sehingga menghalangi transfer kembali sebagian panas matahari dari permukaan bumi ke angkasa luar. Situasi ini pada gilirannya meningkatkan

suhu atmosfer kita secara global (*global warming*) yang bermuara pada ketidakmenentuan keadaan iklim di berbagai belahan dunia (*climate change*).

Sementara dampak penipisan sumber daya alam terbukti dengan semakin langkanya cadangan minyak bumi, sehingga harga *crude oil* semakin tinggi. Tentu ini merupakan konsekuensi logis dari tingginya keinginan mempertahankan produktivitas yang tinggi, sementara untuk itu dibutuhkan energi berupa bahan bakar fosil yang luar biasa besarnya. Keadaan ini menyebabkan menipisnya cadangan bahan bakar fosil seperti minyak bumi yang untuk cadangan nasional diprediksi hanya tinggal tersedia untuk 23 tahun mendatang.

Pada situasi lainnya, kita juga menghadapi masalah atas ketersediaan *cleaner fuels* yang saat ini menjadi tuntutan bagi sektor industri, baik industri pabrika maupun transportasi. Fenomena *global warming* yang telah kita rasakan dampaknya, selain tuntutan *safety*

dan *urban environment air quality*, mendorong siapa pun di dunia ini untuk senantiasa memperbaiki teknologi sehingga mampu menurunkan emisi menuju tingkat yang seminimal mungkin.

Dalam sektor transportasi, pada tahun 1998, Eropa, Amerika, Jepang, dan Negara-negara lain termasuk di region Asia Pasifik telah sepakat menetapkan Standar Euro untuk mengukur ramah tidaknya emisi sebuah kendaraan dan tingkat jaminan keselamatan terhadap penumpang. Standar ini harus disinergikan dengan kebijakan pemerintah di negara tempat dipasarkannya kendaraan tersebut dalam merencanakan peningkatan kualitas bahan bakar sesuai dengan tingkatan teknologi kendaraan.

Belum mampunya kita meningkatkan kualitas bahan bakar minyak menyebabkan industri otomotif terhambat menjadwalkan investasi untuk mengembangkan teknologi yang lebih mutakhir. Mesin standar Euro menuntut bahan bakar minyak yang lebih bersih.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas perlu dilakukan sejumlah tindakan diantaranya, mencari alternatif bahan bakar yang lebih bersih, mencari solusi diversifikasi bahan bakar sehingga ke depan negara kita tidak tergantung pada bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis dan mengembangkan bahan bakar baru dan terbarukan yang potensial dapat dikembangkan dan dapat *competitive advantage* bagi Indonesia di pasar internasional.

Dalam hal bahan bakar cair pengganti premium, saat ini telah mulai dikembangkan bahan bakar alternatif yang dinamakan bioetanol. Sebagai bahan bakar pengganti premium, bioetanol dapat diaplikasikan dalam bentuk campuran dengan premium (EXX), misalnya 10% etanol dicampur dengan 90% premium (gasohol E10) atau digunakan 100% (E100) sebagai bahan bakar. Penggunaan E100 membutuhkan modifikasi mesin mobil, seperti halnya di Brasil. Brasil merupakan salah satu negara yang telah sukses mengembangkan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pensubstitusi bensin. Campuran bioetanol dengan bensin dikenal dengan istilah gasohol. Penambahan etanol dalam bensin di samping dapat menambah volume BBM, juga dapat meningkatkan nilai oktan bensin. Penambahan bioetanol 10% dalam bensin mampu meningkatkan nilai oktan hingga mencapai 92-95. Selain itu, penambahan etanol dalam bensin dapat berfungsi sebagai pengganti MTBE yang sekarang ini banyak digunakan sebagai bahan aditif dalam bensin.

Bioetanol mengandung 35% oksigen, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi gas rumah kaca. Bioetanol bersifat ramah lingkungan, karena gas buangnya rendah terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai polutan,

seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca.

Bahan baku untuk pembuatan etanol secara fermentasi berupa karbohidrat, dan hampir semua karbohidrat terbentuk dalam tanaman melalui proses fotosintesa, baik sebagai gula (sakarida) yang terdiri dari satu atau dua gugus sakharosa, maupun senyawa lebih kompleks sebagai zat pati dan selulosa.

Bahan sumber gula yang dapat dibuat menjadi etanol, meliputi nira tebu, nira kelapa, nira aren, *beet* dan *sweet sorghum*, bahan ini biasa digunakan dalam industri gula. Molases sebagai hasil samping dari industri pembuatan gula tersebut, lebih umum digunakan sebagai bahan baku industri etanol, dari pada langsung diambil niranya. Nira yang biasa dideras dari berbagai jenis palma (*Arenga pinnata*, *Borassus flabellifer*, *Cocos nucifera* and *Nypa fruticans*) kandungan total sugarnya berkisar 10-20%. Keuntungan penggunaan nira gula dan molases dalam industri etanol, yaitu tidak memerlukan proses pendahuluan karena bentuk senyawa karbohidratnya sudah siap diubah oleh mikrobia [1].

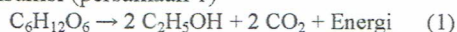
Bahan hasil pertanian yang berkadar pati tinggi, meliputi biji-bijian (gandum, jagung, beras, dll), kacang-kacangan dan umbi-umbian (kentang, ubi jalar dan ubi kayu). Karbohidrat dalam bentuk zat pati tersebut untuk pembuatan etanol harus dihidrolisa dahulu menjadi glukosa. Pada Tabel 1 disajikan potensi berbagai jenis tanaman yang dapat dijadikan bahan baku bioetanol [2].

Tabel 1. Potensi berbagai jenis tanaman yang dapat dijadikan bahan baku bioetanol.

Bahan Baku	Perolehan Bioetanol (Liter/Ton)
Singkong	180
Tetes Tebu	270
Ubi Jalar	125
Sagu	608
Tebu	67
Nipah	93

Mikrobia yang biasa diharapkan aktif dalam perubahan glukosa menjadi etanol, adalah khamir dari spesies *Saccharomyces cerevisiae*. Pada fermentasi sistem *batch*, metabolisme khamir diharapkan berlangsung pada kondisi *anaerob*, karena adanya cukup oksigen (*aerob*) akan menjadikan *S. cerevisiae* berkembang bagus tetapi etanol sebagai salah satu produk

metabolismenya hanya terbentuk sedikit [3]. Secara umum, kondisi *anaerob* glukosa akan terurai menjadi etanol dan karbon dioksida melalui proses glikolisis. Dalam keseluruhan reaksi tersebut, dihasilkan energi untuk kebutuhan biosintesa, serta terbentuknya 2 mol etanol dan karbon dioksida dari tiap mol glukosa yang dikonsumsi (persamaan 1)



Berdasarkan perhitungan berat, dari 1,0 gr glukosa secara teoritis akan dihasilkan etanol 0,51 gr. Namun dalam kenyataan, etanol yang diperoleh hanya berkisar 90% terhadap hasil teoritis. Sebagian glukosa tersebut digunakan sebagai sumber karbon untuk pembentukan sel baru, dengan perhitungan seperti pada persamaan 2 berikut ini [4].



Salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil etanol dan efisiensinya, yaitu (1) kondisi fisiologis medium mikroba yang ditambahkan ke dalam media, (2) kondisi lingkungan selama proses fermentasi berlangsung, dan (3) kualitas bahan media. Kondisi fisiologis (*seed*) tergantung pada kondisi pertumbuhan optimal yang spesifik bagi mikroba yang digunakan. Faktor lingkungan yang paling penting, yaitu pH dan suhu. Sedangkan faktor lain (1) *buffer capacity*, (2) tingkat kontaminasi di awal pertumbuhan, (3) kepekatan gula, (4) konsentrasi alkohol, (5) pemilihan strain khamir, (6) kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan khamir, dan (7) jumlah oksigen yang tersedia [5].

Nira kelapa merupakan salah satu sumber karbohidrat dari palma yang banyak terdapat di Kabupaten Banyumas. Nira kelapa untuk digunakan sebagai bahan baku industri bioetanol belum dikaji secara mendalam.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh kadar gula nira kelapa dan waktu fermentasi terhadap bioetanol yang dihasilkan sehingga didapatkan kondisi operasi yang layak. Hasil penelitian ini dapat digunakan pada proses produksi bioetanol dari nira kelapa. Manfaat lain adalah untuk meningkatkan nilai nira kelapa yang banyak terdapat di Kabupaten Banyumas sementara pemanfaatannya belum optimal.

Metode Penelitian

1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan faktorial, dimana masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 2 kali. Faktor pertama yang digunakan adalah kadar gula nira kelapa sebagai faktor A, faktor kedua adalah waktu fermentasi sebagai faktor B.

Faktor A terdiri : A₁ = 5%, A₂ = 10%, A₃ = 15%

Faktor B terdiri : B₁ = 24 jam, B₂ = 48 jam, B₃ = 72 jam

dan

Kombinasi perlakuan diatas adalah :

A₁B₁ A₁B₂ A₁B₃

A₂B₁ A₂B₂ A₂B₃

A₃B₁ A₃B₂ A₃B₃

Data hasil penelitian selanjutnya diuji dengan anova, perbedaan signifikan jika p value < 0.05.

2. Pelaksanaan Penelitian

a. Bahan dan Alat.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira kelapa, ragi roti, dan zat nutrisi. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor, menara distilasi, pendingin, refraktometer dan picnometer.

b. Prosedur Penelitian.

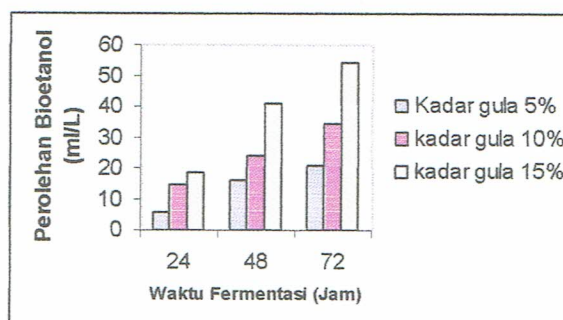
Fermentasi dilaksanakan dalam bioreaktor secara batch sesuai dengan waktu yang ditentukan. Nira kelapa dan nutrisi steril dimasukkan ke dalam bioreaktor secara aseptis. Selanjutnya dilakukan inokulasi dengan inokulum yang sudah disiapkan sebelumnya. Agar fermentasi optimal, suhu dijaga pada 28-32 °C dan pH 4,5-5,5. Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan kadar hingga 95 % volume. Tahap selanjutnya ditambahkan CaO untuk menyerap air yang tersisa, kemudian di distilasi lagi hingga diperoleh etanol dengan kadar minimal 99% volume.

Hasil dan Pembahasan

Perolehan bioetanol dalam ml per liter nira kelapa ditunjukkan pada tabel 2 dan diperjelas gambar 1.

Tabel 2. Perolehan Bioetanol

Kadar Gula Nira Kelapa	Waktu Fermentasi		
	24 jam	48 jam	72 jam
5 %	6	15,9	21
10 %	14,5	23,8	34,3
15 %	18,55	41	54,25



Gambar 1. Perolehan Bioetanol

Hasil penelitian memperlihatkan perolehan bioetanol meningkat dengan meningkatnya kadar gula nira kelapa, hal ini disebabkan meningkatnya jumlah substrat yang dapat dikonsumsi oleh mikroorganisme. Perolehan bioetanol juga meningkat dengan semakin lamanya waktu fermentasi. Peningkatan perolehan

bioetanol pada 48 jam lebih tinggi dibandingkan pada 72 jam, hal ini menunjukkan aktivitas mikroorganisme yang semakin melambat. Perolehan bioetanol terbesar diperoleh pada nira kelapa dengan kadar gula 15% yang difermentasi selama 72 jam.

1. Pengaruh kadar gula nira kelapa terhadap perolehan bioetanol.

Dari output hasil analisis desain faktorial, diketahui statistik F untuk kadar gula 463,52 ($F_{0,05;2;7} = 3,35$) dan p-value adalah 0 ($p\text{-value} < 0,05$). Kesimpulannya adalah faktor kadar gula nira kelapa memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap perolehan bioetanol.

2. Pengaruh waktu fermentasi terhadap perolehan bioetanol

Dari output hasil analisis desain faktorial, diketahui statistik F untuk waktu fermentasi 459,31 ($F_{0,05;2;7} = 3,35$) dan p-value adalah 0 ($p\text{-value} < 0,05$). Kesimpulannya adalah faktor waktu fermentasi memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap perolehan bioetanol.

3. Pengaruh interaksi antar faktor terhadap perolehan bioetanol

Dari output hasil analisis desain faktorial, diketahui statistik F untuk interaksi antar faktor 34,68 ($F_{0,05;4;7} = 2,73$) dan p-value adalah 0 ($p\text{-value} < 0,05$). Kesimpulannya adalah ada pengaruh interaksi kadar gula nira kelapa dengan waktu fermentasi yang cukup signifikan terhadap perolehan bioetanol.

Kesimpulan

1. Nira kelapa dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

2. Faktor kadar gula nira kelapa, waktu fermentasi dan interaksi antar faktor memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap perolehan bioetanol

Saran

Perlu dilakukan kajian ekonomi nira kelapa sebagai bahan baku produksi bioetanol skala kecil

Daftar Pustaka

- [1] Kosaric, N., Z. Duvnja, dan G.G. Stewart. (1981). *Fuel Ethanol from Biomass: Production, Economics and Energy*. Biotech. Bioeng., p 119-151
- [2] Soerawidjaya, T. (2005). *Bioetanol sebagai Bahan Bakar Terbarukan*. Kongres ke-VIII Ikatan Ahli Gula Indonesia (IKAGI)
- [3] Crueger, W. dan A. Crueger, 1984. *Biotechnology a Textbook of Industrial Microbiology*. Ch.7;11, Science Tech, Inc., Madison, 104-110; 161-186.

- [4] Maiorella, B., Ch. R. Wilke, dan H.W. Blanch. (1981). *Alcohol Production and Recovery*. Biotech. Bioeng, p 44-88.
- [5] Alico, D.H.. (1982). *Alcohol Fuels: Policies, Production and Potential*. West view Press (Boulder), Colorado, 1-19; 37-80.