

## BIOMASSA, BIOETANOL DAN ENERGI TERBARUKAN

### PENGERTIAN ETANOL

Etanol memiliki nama lain seperti etil alkohol, alkohol murni atau alkohol saja. Senyawa ini berbentuk cairan yang mudah menguap, terbakar, tak berwarna dan banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-sehari. Penggunaan etanol dalam kehidupan sehari-sehari sebagai pelarut bahan kimia, contohnya parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Bahkan sejarahnya etanol digunakan sebagai bahan bakar.

Pembuatan etanol dapat dilakukan dari proses petrokimia dengan reaksi hidrasi etilena dan proses fermentasi gula yang sudah dilakukan oleh manusia pada zaman dahulu. Bahan-bahan yang mengandung gula seperti singkong, ubi jalar, jagung, aren, tebu, sorgum, jerami padi dapat difermentasi untuk menghasilkan alkohol. Alkohol saat ini dapat dibuat dari sisa-sisa bahan organik atau biomassa yang mengandung lignoselulosa. Misalkan pada tebu, ampasnya pun masih dapat dijadikan alkohol dengan proses yang lebih panjang

### TUJUAN : BIOETANOL UNTUK BAHAN BAKAR

Bahan bakar minyak (BBM) yang semakin mahal, meyebabkan kita perlu mencari alternatif energi lain. USA sudah menerapkan biofuel dengan kandungan etanol 10%, begitu pula dengan Brazil sudah menerapkan biofuel untuk bahan bakar kendaraan. Jagung menjadi sumber bioetanol yang digunakan oleh USA, sedangkan Brazil memanfaatkan tebu untuk mendapatkan bioetanol. Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa saat ini beberapa negara produksi bioetanol masih sangat terbatas karena sebanding dengan total konsumsinya. Sehingga Indonesia memang perlu menyiapkan pabrik bioetanolnya sendiri dan sumber bahan bakunya. Sejauh ini Pertamina belum ada produk BBM campuran etanol. Meskipun begitu, penelitian mengenai bioetanol di Indonesia sudah banyak dilakukan, sehingga diperlukan kajian lebih dalam mengenai memperbesar skala produksi, nilai ekonomis dan nilai lingkungannya.

### Output

Isu yang selalu ada di kota besar adalah polusi. Salah satu penyebab meningkatnya polusi udara

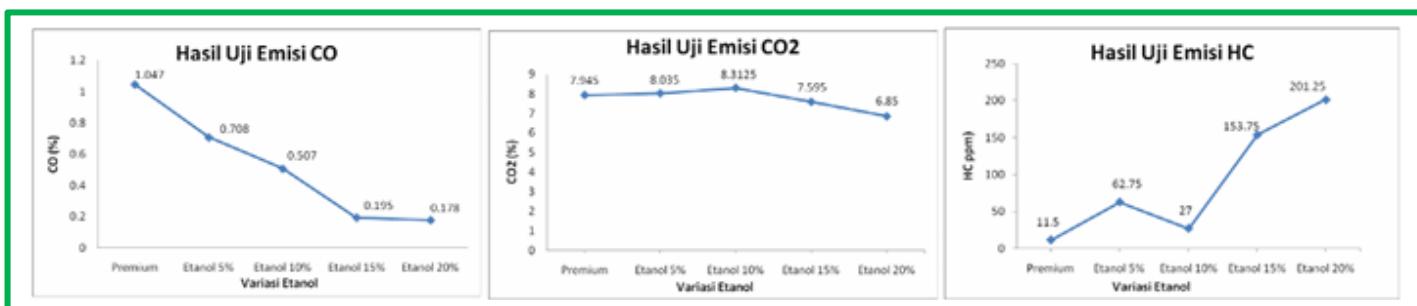
Tabel 1. Produksi Bioetanol Dunia pada 2020 dari Beberapa Negara (de Almeida & Colombo, 2023)

Country	Produksi $10^9$ lt	% Produksi Dunia	Konsumsi $10^9$ lt	% Konsumsi Dunia
USA	61,549	49	58,092	46
Brazil	29,853	24	29,112	23
European Union	7,281	6	7,927	6
China	10,410	8	10,311	8
India	2,359	2	2,881	2
Others	13,703	11	17,275	14
<b>Total</b>	<b>125,155</b>	<b>100</b>	<b>125,598</b>	<b>100</b>

dihasilkan oleh bahan bakar minyak fosil sehingga kualitas udara di Indonesia semakin buruk. Dua tahun ke belakang Jakarta menjadi kota dengan indeks udara terburuk di Indonesia. Dampak udara yang buruk tidak baik untuk kesehatan pernafasan. Meskipun kualitas udara tidak hanya disebabkan oleh polusi kendaraan, tetapi pengurangan emisi kendaraan perlu dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh fakultas teknik UGM (Sulistyo et al, 2008), mengenai campuran bioetanol dengan bensin premium disimpulkan kandungan 10% etanol memiliki emisi yang paling baik dari beberapa konsentrasi campuran dan tentunya lebih baik dibandingkan emisi premium saja. Peningkatan RON (Research Octane Number) premium dari 88 RON dengan campuran etanol 10% menjadi 91.2 RON.

Bahan baku yang rusak akibat jamur atau terkena penyakit lain, masih dapat didetoksifikasi untuk diproses menjadi bioetanol.

Berbeda dari teknologi yang pertama, teknologi kedua memanfaatkan limbah pertanian dan perkebunan, seperti ampas tebu, jerami, tandan kosong kelapa sawit dll. Limbah ini dapat diolah karena terdapat mengandung lignoselulosa. Contohnya potensi limbah padi, seperti jerami, sekam dll., sering tidak diolah dengan baik. Jerami padi di Indonesia 36 – 62 % dibakar atau dikembalikan ke tanah sebagai kompos, untuk pakan ternak berkisar 31 – 39 %, sedangkan sisanya 7 – 16 % digunakan untuk keperluan industri (DKPP Jabar). Contoh lainnya ampas tebu, limbah biomassa kayu putih, bonggol jagung dll memiliki



Gambar 1. Grafik Uji Emisi BBM Premium dan Campuran Premium dengan Etanol berbagai Konsentrasi (Sulistyo et al, 2008)

## TEKNOLOGI PRODUKSI BIOETANOL DARI BAHAN ORGANIK

Pembuatan bioetanol dari fermentasi pati dan gula merupakan teknologi pertama yang sudah banyak dilakukan. Bahan baku dari jagung, tebu, gandum, kentang dll, banyak mendapatkan kritikan karena bahan-bahan tersebut dapat dikonsumsi oleh manusia dan hewan. Berbeda cerita jika bahan baku tersebut merupakan limbah yang tidak dapat dikonsumsi manusia.

kandungan lignoselulosa yang dapat dijadikan bioetanol (Tabel 2). Komponen dari lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiganya membentuk suatu ikatan kimia yang kompleks sebagai bahan dasar dinding sel tumbuhan. Pembuatan bioetanol dari lignoselulosa memerlukan tahapan proses yang lebih panjang. Perlakuan awal diperlukan untuk memecah lignin agar selulosa dan hemiselulosa dapat diubah menjadi gula. Teknologi ini masih perlu pengembangan

Tabel 2. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada beberapa limbah pertanian (Kholis, M.R. et al. 2018; Hermiati, E. et al. 2010)

Jenis Biomassa	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Biomassa minyak kayu putih	32.27	6.59	20.33
Bonggol jagung	33.10	17.90	21
Batang tembakau	51.55	10.62	23.48
Jerami padi	33 – 38	26 – 32	17 – 19
Kedelai	33	14	15
Ampas tebu	44.43	55.90	17
Tandan kosong kelapa sawit	40.52	33.72	22.90

untuk mendapatkan nilai jual bioetanol yang lebih murah.

Ide pemanfaatan alga sudah lama berkembang sejak 1950an. Ini merupakan teknologi ketiga dalam produksi etanol. Lahan yang semakin sedikit juga menjadi batasan dalam pengembangan bahan baku bioetanol dari bahan pangan. Efisiensi lahan dalam produksi bioetanol alga menjadi alternatif solusi yang lebih berkelanjutan. Kemampuan alga yang dapat hidup tidak hanya di air tawar saja tapi dapat hidup dilingkungan yang beragam, seperti lingkungan ekstrem sekalipun. Perbanyak alga pun cenderung lebih simpel, dengan kolam terbuka atau tabung buatan (Biofotoreaktor) yang cenderung lebih efisien biayanya. Sebelum difermentasi, alga perlu dipanen dengan metode Flocculation dll. Kemudian dehidrasi (mengeringkan) alga, sehingga menjadi tepung. Terakhir pemberian ragi dari alga kering supaya menghasilkan etanol (Bibi, R. et al.2017).

## PRODUKSI BIOETANOL

Tabel 3. Perkiraan Yield Etanol dari Bahan baku Berbeda (Tse, T.J. et al. 2021)

Teknologi Bioetanol	Sumber	Yield Etanol (liter/ton)
Pertama	Gula Tebu	70 – 75
	Tepung Singkong	137 – 180
	Tepung Jagung	400
	Tepung Beras	430
	Tepung Gandum	340
Kedua	Limbah Jagung	362 - 456
	Jerami Gandum	406
	Jerami Padi	416
	Ampas Tebu	318 - 500
	Sawdust	381
Ketiga	Microalga	167 - 501
	Rumpu Laut Coklat (Makroalga)	12 - 1128
	Rumpu Laut Hijau (Makroalga)	72 - 608

Teknologi pertama bioetanol membutuhkan perlakuan awal yang lebih sedikit, sehingga banyak digunakan secara komersial. Perkiraan yield bioetanolnya pun memang banyak seperti tepung jagung 400 L/ton (Tabel 3). Jika teknologi kedua, fermentasi selulosa digabungkan dengan teknologi pertama, maka bioetanol yang diproduksi akan lebih banyak lagi. Limbah jagungnya masih dapat dimanfaatkan menjadi

etanol dengan perkiraan produksi sebanyak 362–456 L/ton (Tabel 3). Sedangkan teknologi ketiga dapat menjadi pertimbangan masa depan dalam memproduksi bioetanol dari alga.

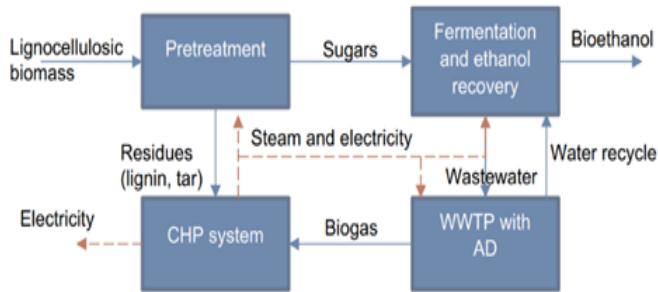
Semua proses fermentasi ini dapat dilakukan menjadi lebih efisien. Kuncinya adalah pemberian nutrisi pada mikroba fermentor. Salah satu elemen kunci, yaitu magnesium yang dapat mempertahankan integritas struktural seluler, fungsi ragi, detoksifikasi logam berat, dan perlindungan stres ragi. Selama fermentasi pada fase eksponensial dan stasioner, ion magnesium dapat meningkatkan kelangsungan hidup sel dengan meningkatkan toleransi terhadap dehidrasi, peningkatan kondisi etanol, dan sengatan panas (Tse, T.J. et al. 2021).

## BIOETANOL YANG BERKELANJUTAN

Bioetanol sebagai bioenergi haruslah benar-benar efisien dalam prosesnya. Skema yang dilakukan oleh Sadhukhan, et al. (2019) memanfaatkan residu

dari Pretreatment berupa lignin dan tar masuk ke dalam Combine heat and power (CHP System) menjadi energi listrik. Lalu selama fermentasi, air limbah yang dihasilkan proses fermentasi menuju IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) / WWTP (wastewater treatment plant) menjadi biogas. Hasil biogas menuju CHP menghasil uap bertekanan dan energi listrik untuk menghidupi / melakukan pretreatment pada

Biorefinery, jika prosesnya efisien maka akan mendapatkan energi listrik bersih untuk hal lain.



Gambar 1. Skema biorefinery yang dipelajari dalam proses pembuatan bioetanol dari Fermentasi Lignoselulosa (Sadukhan, et al. 2019)

Energi listrik dan etanol berkaitan dengan komposisi lignoselulosa. Semakin banyaknya kandungan selulosa dan hemiselulosa maka etanol yang dihasilkan akan semakin banyak pula. Sedangkan komposisi lignin akan mempengaruhi energi listrik yang dikeluarkan. Tentunya akan mempengaruhi nilai ekonomis dan nilai lingkungan. Harga jual minimum dari etanol akan semakin murah jika etanol yang dihasilkan tinggi dan juga energi listrik bersih yang sama tingginya.

## KESIMPULAN

Bioetanol menjadi solusi bioenergi yang menjanjikan, banyak negara yang sudah mengembangkannya. Sudah saatnya Indonesia mulai serius mengkaji dan mempersiapkan BBM dengan campuran etanol. Seperti Biosolar yang diproduksi oleh Pertamina merupakan campuran bahan bakar fosil dengan bahan jenis organik, seperti minyak kelapa sawit. Hasil penelitian di UGM dengan biofuel E10 (etanol 10%) menghasilkan emisi yang lebih baik. Ini bisa menjadi pertimbangan untuk membuat kebijakan BBM E10. Maraknya transportasi listrik, tidak akan menghambat pengembangan BBM E10 ini karena kendaraan konvensional masih banyak peminat yang mana daya beli dari kendaraan listrik merupakan masyarakat dengan ekonomi menengah keatas.

Sumber bahan baku biomassa untuk etanol tersedia sangat melimpah di Indonesia.

## DEPARTEMEN RISET & INOVASI PERHUTANI FORESTRY INSTITUTE

Limbah pertanian pun masih banyak yang belum dimanfaatkan dengan baik. Dukungan dan kolaborasi perusahaan BUMN seperti PTPN, Perhutani, RNI yang mensuplai bahan baku dan Pertamina yang memproses BBMnya, sangat mungkin mewujudkan BBM E10 ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- De Almeida, M.A.; & Colombo, R. 2021. Production Chain of First Generation Sugarcane Bioethanol: Characterization and Value-Added Application of Wastes. *BioEnergy Research*.
- Tse, T.J.; Wiens, D.J.; Reaney, M.J.T. 2021. Production of Bioethanol—A Review of Factors Affecting Ethanol Yield. *Fermentation*, 7, 268.
- Sulistyo, B.; Sentanuhady, J.; Susanto, A. 2008. Pemanfaatan Etanol Sebagai Octane Improver Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII November.
- Hermiati, E.; Mangunwidjaja, D.; Sunarti, T.C.; Suparno, O.; & Prasetya, B. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4), 121.
- Sadukhan, J.; Hernandez, E.M.; Allieri, M.A.A.; Aburto, J.; & Honorato S, J.A. 2019. Economic and environmental impact evaluation of various biomass feedstock for bioethanol production and correlations to lignocellulosic composition. *Bioresource Technology Reports* 7.100230
- Bibi, R.; Ahmad, Z.; Imran, M.; Hussain, S.; Ditta, A.; Mahmood, S.; & Khalid, A. 2017. Algal bioethanol production technology: A trend towards sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71. 976–985
- Kholis, M.R.; Asmediana, A.; & Sari, M.; 2018. Potensi Dan Karakterisasi Enzim Selulase Mikroba Asal Limbah Industri Minyak Kayu Putih. *Agroindustrial Technology Journal* 03 (02) (2019) 110 – 118

➤ Muhammad Rifqi Abdurrahman, Peneliti Departemen Riset & Inovasi, Perhutani Forestry Institute