

# Pra Desain Pabrik Bioetanol Dari Nira Batang Sorghum

Fredi Susanto, Kurniawan Candra, dan Arief Widjaja  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: arief\_w@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak-** Etanol merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia misalnya digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol. Akan tetapi etanol yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar harus mempunyai *grade* sebesar 99,5-100% volume, *grade* tersebut mutlak karena jika berkadar di bawah 90%, mesin tidak dapat menyala karena kandungan airnya terlampau tinggi. Bioetanol dengan kadar kemurnian 95% masih layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor. Hanya saja, dengan kadar kemurnian itu perlu penambahan zat antikorosif pada tangki bahan bakar agar tidak menimbulkan karat. Salah satu bahan baku yang dimanfaatkan untuk produksi bioetanol adalah sorghum karena memiliki kadar glukosa yang cukup tinggi. Bioetanol dapat diperoleh dengan proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme. Pra desain pabrik bioetanol dari batang sorghum ini menggunakan proses fermentasi. Batang sorghum digiling dalam roll mill dan ditambahkan air sehingga menghasilkan nira. Adapun mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cereviceae*. Bakteri ini mampu mengurai gula tanpa kehadiran oksigen dan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Konsumsi premium pada 2017 diperkirakan sebesar 63.052.915 kL/tahun. Proses pembuatan bioetanol ini berlangsung secara kontinyu, 24 jam/hari dan 330 hari/tahun dengan perencanaan sebagai berikut, Kapasitas produksi : 355.916,41 kL/tahun, Bahan baku : 5.000.000 ton/tahun. Pabrik bioetanol ini akan didirikan di Sukoharjo pada tahun 2017. Berdasarkan analisa ekonomi yang dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut: Internal Rate of Return : 36 % per tahun, Pay Out Time : 4.09 tahun, dan BEP : 25.13 %.

**Kata kunci** – bioethanol, shorghum, bahan bakar

## I. PENDAHULUAN

Salah satu jenis bahan bakar nabati yang sudah lama dikembangkan untuk menggantikan BBM adalah bioetanol (etil alkohol) yang dibuat dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi). Bioetanol dapat dengan mudah diproduksi dari tanaman-tanaman yang mengandung gula.[1]. Diantaranya tetes tebu, nira bergula, sagu, jagung dan singkong. Selain itu sampah juga dapat digunakan menghasilkan etanol. Dari berbagai jenis tanaman yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku bioetanol, salah satu diantaranya yang paling potensial dikembangkan di Indonesia adalah tanaman sorgum manis (*Sweet Sorghum*). Tanaman sorgum memiliki keunggulan tahan terhadap kekeringan dibanding jenis tanaman sereal lainya[2].

Etanol atau etil alkohol merupakan senyawa organik

yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen dengan rumus molekul  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  dan merupakan derivat senyawa hidrokarbon, yang mempunyai gugus hidroksil sehingga dapat dioksidasi atau esterifikasi. Penggunaan alkohol sebagai bahan bakar mulai diteliti dan diimplementasikan di USA dan Brazil sejak terjadinya krisis bahan bakar fosil di kedua negara tersebut pada tahun 1970-an. Brazil tercatat sebagai salah satu negara yang memiliki keseriusan tinggi dalam implementasi bahan bakar alkohol untuk keperluan kendaraan bermotor dengan tingkat penggunaan bahan bakar etanol saat ini mencapai 40% secara nasional. Di USA, bahan bakar relatif murah, E85, yang mengandung etanol 85% semakin populer di masyarakat.

Pertumbuhan industri etanol di Indonesia khususnya yang berasal dari bahan-bahan terbarukan diperkirakan akan mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan pertumbuhan kebutuhan akan etanol sebagai bahan bakar alternatif. Etanol dimanfaatkan sebagai bahan campuran bensin dengan komposisi 10% etanol atau yang disebut dengan gasohol E-10. Hal ini juga didukung oleh ketersediaan, harga, dan dampak lingkungan pada penggunaan bahan bakar fosil.

Rata-rata luas tanam dan produktivitas sorgum pada beberapa daerah sentra produksi sorgum di Indonesia cukup bervariasi, variasi tersebut disebabkan oleh perbedaan agroekologi serta teknologi budi daya yang diterapkan oleh petani, terutama varietas dan pupuk. Perusahaan sorgum terbesar di Indonesia terdapat di Jawa Tengah, disusul oleh Jawa Timur, DI Yogyakarta, serta NTB dan NTT,[1].

Tabel 1. Rata-rata Luas Tanaman dan Produktivitas Sorgum di Indonesia

Tempat/tahun	Luas tanam (ha)	Produksi (t)	Produktivitas (t/ha)
Jawa Tengah	15.309	17.350	1,13
Jawa Timur	5.963	10.522	1,76
DI Yogya	1.813	670	0,37
NTB	30	54	1,8
NTT	26	39	1,5

Berdasarkan data persebaran sorghum, pabrik bioetanol ini sesuai didirikan di Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah. Dikarenakan tersedianya bahan baku, terdapat suplai air yang cukup memadai serta dekat dengan sarana transportasi.

Prospek sorghum di Indonesia dapat dijadikan komoditas andalan mengingat sorghum bisa dikembangkan searah dan sejalan dengan upaya peningkatan produktivitas lahan kosong yang jumlahnya sangat luas terdapat di negeri ini. Selain untuk bahan baku pembuatan bioetanol, sorghum

juga bisa dimanfaatkan bijinya menjadi tepung untuk menggantikan tepung beras atau terigu sebagai bahan pangan. Biji sorghum juga bisa menggantikan jagung yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri pakan ternak. Daun sorghum dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak. Selain itu ternyata ampas batang sorghum (*bagasse*) yang telah diambil niranya dapat dimanfaatkan seratnya sebagai bahan baku pulp dalam industri kertas. Dalam hal ini pengembangan tanaman sorghum akan mendukung program pemerintah dalam rangka ketahanan pangan (program swasembada pangan) dan energi (program desa mandiri energi), selain itu juga mendukung pengembangan industri lainnya yaitu penggemukan sapi (swasembada daging) dan industri pulp (kertas).

Tabel 2. Spesifikasi Etanol

Spesifikasi	190° proof	200° proof
• <i>Specific gravity</i> , 60/60 °F (maks.)	0,816	0,79421
• Kemurnian, % wt (min.)	92,42	100
• Bahan tidak menguap, mg/100 mL (maks.)	2,5	2,5
• Kelarutan dengan air	larut semua	larut semua
• Bau	tidak ada	-
• Warna, (maks.)	-	-
• Air, % berat (maks.)	7,58	-

Proof adalah kandungan alkohol yang dibuat dengan cara mengukur spesifik gravitasi dengan hidrometer pada temperatur standar 15,5 °C. Sebagai contoh, 190° proof mengandung 95 % alkohol dan 200° proof mengandung 100 % alkohol,[2].

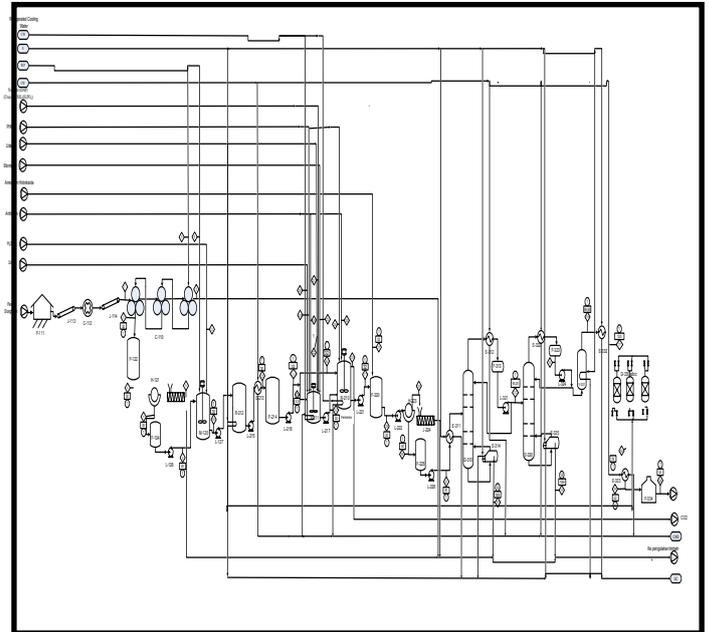
## II. URAIAN PROSES

Berdasarkan tipe – tipe proses, pemilihan proses yang digunakan untuk pembuatan bioetanol dari nira batang sorgum antara lain : Tahap fermentasi dengan bahan baku gula (molases) dan Tahap Purifikasi (Distilasi *azeotrop* dan Dehidrasi dengan *Molecular sieve*),[3-5].

Proses fermentasi pada Pra desain pabrik bioetanol dari batang sorghum ini. Pada awalnya, Batang sorghum digiling dalam roll mill dan ditambahkan air sehingga menghasilkan nira. Kemudian nira tersebut difilter, dan diasamkan dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kemudian disterilisasi sebelum difermentasi di fermentor selama 36 jam. Adapun mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cereviceae*. Bakteri ini mampu mengurai gula tanpa kehadiran oksigen dan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Setelah dari fermentor nira yang sudah difermentasi dinetralkan pH nya menggunakan NH<sub>4</sub>OH di tangki netralisasi. Dari tangki netralisasi nira dipompakan melewati preheater sebelum masuk ke kolom distilasi. Tahap terakhir dalam proses produksi etanol adalah proses pemurnian agar mencapai kemurnian yang diharapkan. Pemurnian dilakukan dengan menggunakan kolom distilasi sebanyak 2 jenis. Pada proses distilasi yang pertama diperoleh kadar etanol sebesar 51% dan pada distilasi yang kedua diperoleh kadar 95%. Dari kolom distilasi 2 larutan didinginkan menggunakan cooler untuk didapatkan suhu

32°C agar sesuai dengan suhu proses dehidrasi dengan menggunakan *Molecular Sieve* yang diinginkan. Proses dehidrasi dilakukan ntuk mendapat kadar etanol 99,5%. Etanol 99,5% yang dihasilkan kemudian disimpan dalam tangki penampung,[6]-[7].

Berikut ini adalah gambar 1 yang menunjukkan flowsheet proses dari pabrik ini.



Gambar 1. Process Flow Diagram

## III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari material balance pabrik bioethanol dari nira batang sorghum dimana kapasitas feed sebesar 5.000.000 ton/tahun dan produk yang dihasilkan adalah bioethanol sebesar 355.916,41 kL/tahun, [8]-[11].

## IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan Total Cost Investment pabrik ini sebesar Rp 5,608,489,018,109 dengan bunga 12% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 36 % dan BEP sebesar 25,13 % dimana pengembalian modalnya selama 4,09 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 3 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun., [12].

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan analisa ekonomi dengan metode *discounted cash flow* terhadap factor ekonomi pra desain pabrik Bioethanol dari Nira Sorghum ini, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Laju Pengembalian Modal (*Rate Of Return*) sebesar 36 % per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa ROR yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan nilai I untuk

pinjaman modal pada bank dengan tingkat bunga 12 % sehingga pabrik layak didirikan.

2. Waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*) pabrik ini adalah 4.09 tahun.
3. Titik impas (*Break Even Point*) adalah 25.13 %.

Dari hasil evaluasi secara teknis dan ekonomis, pabrik Bioetanol dari Nira Batang Sorghum ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan. Dari segi ekonomi, pra rencana ini telah layak didirikan dengan masa konstruksi 3 tahun dan umur pabrik 10 tahun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng atas bimbingan dan saran yang telah diberikan selama ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia, Pusdatin ESDM, Jakarta (2012).
- [2] Perry, Robert H. and Don Green. "Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition". Mc Graw Hill Book Company, New York.
- [3] Brownell, Lloyd E. and Edwin H. Young." Process Equipment design". John Willey & Son, New York (1959).
- [4] Geankoplis, Christie John." Transport Processes And separation process principles, 4<sup>th</sup> edition. Prentie Hall of India, New Delhi (2003).
- [5] Mc Cabe, Warren L., and Julia C. Smith." Unit operation Of Chemical Engineering". 4<sup>th</sup> Edition". Mc Graw Hill Book Company, New York (1985).
- [6] Seader, J.D, Henley, Ernest J. " Separation Process Principle 2<sup>th</sup> Edition". John Willey & Son : New York (2006).
- [7] Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott, M.M. " Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7<sup>th</sup> Edition", Mc Grawhill Book Company. Singapore (2005)
- [8] Vilbrandt. D, "Chemical Engineering Plant Design", 4<sup>th</sup> edition McGraw Hill Book Company (1959)
- [9] Himmelblau. D, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", International Edition (2003).
- [10] Ludwig. E, "Design for Chemical and Petrochemical Plants", Gull Publishing Houston, Texas (1947).
- [11] Ulrich, Gael D."A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic", John Willey & Son : Canada (1984)
- [12] Klaus. D. Timmerhaus and Ronald. E.W, "Plant Design and Economics for Chemical Engineering", 5<sup>th</sup> International Edition McGraw Hill Book Company (2003).