

PRARANCANGAN PABRIK *BIOETHANOL* DARI TETES TEBU DENGAN PROSES FERMENTASI KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN

Indri Makhyarini¹, Normalina*¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: normalinabe@gmail.com

Abstrak

Perkembangan di bidang industri merupakan suatu hal yang sangat penting dan berpengaruh terhadap ketahanan ekonomi Indonesia. Kebutuhan impor akan produk dan bahan bakar di Indonesia masih begitu tinggi. Belakangan ini bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang ketersediannya semakin menipis seiring dengan bertambahnya waktu. Sehingga sektor perindustrian kimia di Indonesia, baik dalam menghasilkan produk jadi maupun setengah jadi perlu dikembangkan lagi. Prarancangan pabrik Bioethanol direncanakan di dirikan dengan kapasitas sebesar 37.000 ton/tahun dan rencana akan di dirikan pada tahun 2026 di lokasi Terusan Nunyai, Lampung Tengah, Provinsi Lampung, dengan luas tanah 50.300 m². Direncanakan pabrik ini beroperasi selama 330 hari/tahun dengan jumlah karyawan 151 orang.

Proses yang digunakan untuk pembuatan Bioethanol adalah proses fermentasi tetes tebu dengan bantuan *Saccharomyces Cerevisiae* pada keadaan anaerobik, pada suhu 30-32 °C, dengan brix sebesar 11-12 °Brix, range pH 4-5 dengan waktu inkubasi selama 48 jam dan tekanan 1 atm, dimana reaktor yang digunakan adalah Reaktor Batch. Hasil kadar etanol yang didapatkan sebesar 15%. Hasil produk dari Reaktor kemudian dialirkan menuju Evaporator untuk dilakukan proses penguapan antara air-gula-etanol, produk atas didapatkan kadar etanol sebesar 52%, sedangkan produk bawah berupa gula-air akan dilakukan proses pemisahan lebih lanjut. Selanjutnya produk atas keluaran evaporator dialirkan ke Menara Distilasi untuk mendapatkan hasil etahanol 96%, Hasil pemisahan top Menara Distilasi akan dialirkan ke Adsorber, yang akan menghasilkan Etanol 99,8%. Unit utilitas merupakan unit pendukung dalam proses produksi pada pabrik ini meliputi air, steam, listrik, bahan bakar dan pengolahan limbah. Kebutuhan air sebesar 444.723,75 kg/jam diperoleh dari Sungai Way Seputih dan Way Sekampung. Sungai Way Seputih memiliki debit 9,4 m³/s dan sungai Way Sekampung 24,6 m³/s (www.academia.edu, 2015), sedangkan kebutuhan listrik yang diperlukan sebesar 974,171 kW disuplai dari PLN setempat dan memiliki cadangan energi dari generator.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini membutuhkan modal investasi sebesar Rp 217.513.048.596,- dengan keuntungan rata-rata selama 2,8 tahun sebelum pajak sebesar Rp 326.043.689.971,- dan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 42.395.608.393,-. Berdasarkan analisis tersebut didapatkan nilai Percent Return On Invesment (ROI) sebelum pajak sebesar 43% dan ROI setelah pajak sebesar 28%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak selama 2 tahun dan sesudah pajak selama 2,8 tahun. Nilai Break Even Point (BEP) sebesar 47% Dan Shut Down Point (SDP) sebesar 22%. Dari hasil analisis ekonomi tersebut menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Tetes Tebu, Bioethanol, *Saccharomyces Cerevisiae*, Fermentasi.

1. Pendahuluan

Kebutuhan impor produk maupun bahan bakar di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Sehingga sektor industri kimia di Indonesia baik industri yang menghasilkan produk jadi maupun setengah jadi perlu lebih dikembangkan. Salah satu diantaranya yaitu *Bioethanol*, bahan bakar yang beroktan tinggi serta bahan bakar yang ramah lingkungan ini sangat dibutuhkan sebagai bahan dasar maupun sebagai bahan penunjang untuk berbagai jenis bidang industri, diantaranya pada

bidang kosmetik, cat, farmasi, minuman dan kebutuhan lainnya. Selain itu *Bioethanol* juga dapat berfungsi sebagai bahan baku industri, misalnya industri etil asetat, etil eter, etil klorida dan sebagainya.

Bioetanol (sinonim: *ethyl alcohol*) merupakan cairan bening yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzena dan semua pelarut organik, serta terurai secara biologis (*biodegradable*), *Bioetanol* memiliki rumus molekul yaitu C₂H₅OH.



Bioetanol mempunyai bobot molekul 46,07 g/mol, akan meleleh pada suhu -112 °C dan mendidih pada suhu 78,32 °C (Perry, 1999). *Bioethanol* dikenal juga sebagai bahan bakar yang beroktan tinggi dan dapat menggantikan timbal sebagai peningkat nilai oktan. *Bioethanol* yang dicampurkan dengan bahan bakar, akan mengoksidasi campuran bahan bakar sehingga dapat terbakar lebih sempurna, mengurangi emisi gas buang seperti karbonmonoksida (Richana dan Suarni, 2013)

Adapun beberapa perusahaan yang memproduksi *Bioethanol* di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Produksi *Bioethanol* di Indonesia

Perusahaan <i>Acrylamide</i>	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Indo Acidatama Indonesia, Tbk (Solo, Jateng)	60.000
PT. Madu Baru (Yogyakarta, DIY)	7.000
PT. permata Sakti (Medan, Sumut)	5.000
PT. Molindo Indo Raya (Lawang, Jatim)	40.000
PT. Aneka Kimia Raya (Mojokerto, Jatim)	143.000

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah impor *Bioethanol* di Indonesia dari tahun 2012-2016 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Data Impor *Bioethanol* (Badan Pusat Statistik)

Tahun	Jumlah (Ton)
2015	106,44
2016	135,03
2017	224,40
2018	1.261,60
2016	1.732,44

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan *Bioethanol* pada tahun 2026 dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut (Peters, 1999) :

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan *discounted method* menunjukkan peluang kapasitas *Bioethanol* yang akan didirikan tahun 2026 yaitu sebesar 37.000 ton/tahun. Data impor *Bioethanol* pada tahun 2012 sampai 2016 mengalami kenaikan. Sehingga berdasarkan data impor *Bioethanol* tersebut serta pertimbangan adanya pabrik *Bioethanol* yang berdiri maka ditetapkan kapasitas prarancangan pabrik *Bioethanol* yang akan didirikan pada tahun 2026 adalah sebesar 37.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Pembuatan *Bioethanol* dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan proses Fermentasi, *Catalytic Hidration of Ethylen Process* dan *Sulfuric Acid Hidration Etylen Process*. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 3 Jenis-jenis Proses Pengolahan *Acrylamide*

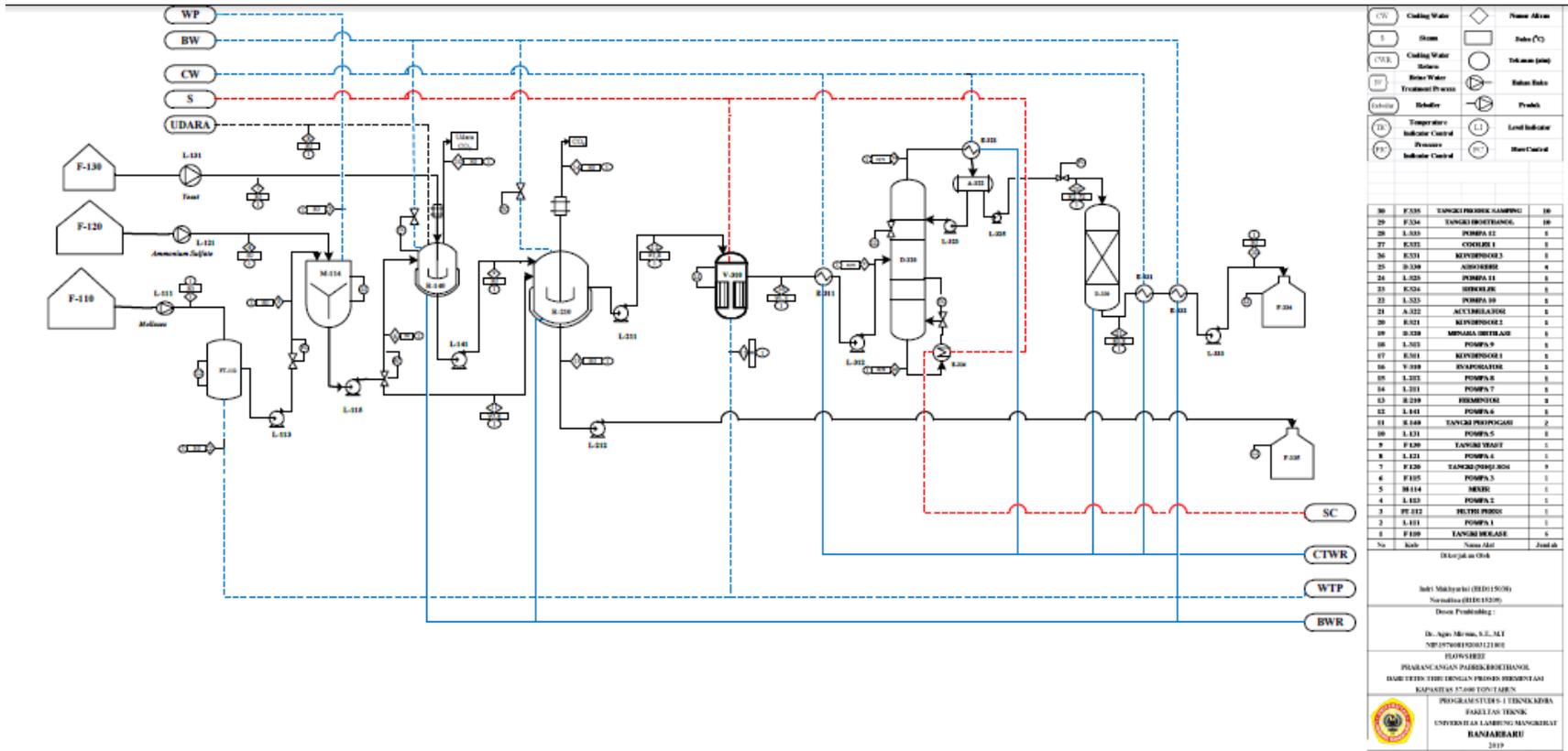
Parameter	Fermentasi	<i>Catalytic</i>	<i>Sulfuric</i>
		<i>Hidration of Ethylen Process</i>	<i>Acid Hidration Etylen Process</i>
Bahan	Tetes Tebu	Etilen	Etilen
Tekanan	1 atm	69-78atm	9-35 atm
<i>Yield</i>	95 %	95 %	95 %
Suhu	30-32 °C	300 °C	300 °C
Waktu	48 jam	2 jam	1,5 jam
Reaksi			
Konversi	96 %	95 %	95 %
Aspek	Tetes tebu =	Etilen = Rp.	Etilen dan
Ekonomi	Rp. 20.000 kg	70.485/kg	Asam Sulfat = 167,985/kg

Berdasarkan dari data diatas, beberapa pertimbangan dipilihnya proses Fermentasi adalah sebagai berikut:

- Suhu dan tekanan yang digunakan lebih kecil.
- Konversi reaksi yang digunakan lebih besar.
- Harga bahan dari segi ekonomi relatif lebih murah.



PRARANCANGAN PABRIK *BIEOTHANOL* DARI TETES TEBU DENGAN PROSES FERMENTASI KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN



Komponen	Berat Massa (kg/jam)																						
	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Area 11	Area 12	Area 13	Area 14	Area 15	Area 16	Area 17	Area 18	Area 19	Area 20	Area 21	Area 22	
Choklat	3280,23	-	3280,2300	-	-	196,8100	-	-	12,0530	-	3083,62	197,0100	-	-	197,0100	-	-	-	-	-	-	-	-
Selena	1087,68	-	1087,6800	-	-	233,2000	-	-	9,3304	-	3054,62	146,5500	-	-	146,5500	-	-	-	-	-	-	-	-
Fructosa	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0530	-	-	197,0100	-	-	197,0100	-	-	-	-	-	-	-	-
Abs	1091,4130	1091,4130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Air	2186,8200	-	2186,8200	-	2390,1	1514,0000	-	-	1849,1	-	23715,61	25380,0000	-	-	21080,0000	4289,2000	4289,2000	150,1200	4119,9406	150,1200	7,5188	7,5188	
Amonium Sulfat	-	-	-	6983,6	-	395,0200	-	-	-	-	6188,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruct	-	-	-	-	-	-	-	17,3012	-	242,1894	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	2038,7	-	2127,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	948,54	-	-	-	-	4923,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Yeast Maf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1090,2482	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4833,2	-	-	4833,2	-	-	4664,1	169,1636	4664,1	4664,1	4664,1	4664,1
Total	18448,1498	1093,4168	5354,7368	6582,6	2344,3	2339,8988	17,3812	2338,7988	2124,7258	3176,8988	24442,83	34752,7768	3398,2482	4623,1	21638,7768	9122,4888	4814,2388	4389,2842	4814,2388	4389,2842	4071,0300	4071,0300	

Gambar 1 Process Flow Diagram

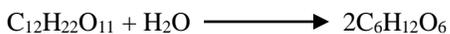
Proses pembuatan *Bioethanol* ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Persiapan Bahan Baku

Tetes tebu dengan komposisi masing-masing Glukosa sebesar 27%; Sukrosa 32%; Air 18% dan Abu 9%, pada suhu ruangan tetes tebu dilewatkan ke *Filter Press* untuk menghilangkan kadar abu yang terkandung pada tetes tebu. Kemudian tetes tebu dihirolisa sampai tetes tebu memiliki kadar sebesar 12 °brix dengan air dalam *mixer* pada kondisi operasi 30 °C dan tekanan 1 atm. Serta dengan penambahan amonium sulfat sebagai nutrisi *Saccharomyces Cerevisiae* pada saat tahap Fermentasi.

b. Fermentasi

Tahap fermentasi terjadi dua tahap reaksi, yaitu tahap reaksi perubahan sukrosa menjadi glukosa dan tahap reaksi perubahan glukosa menjadi etanol. Reaksi perubahan sukrosa sampai menjadi etanol dilakukan dengan bantuan *Saccharomyces Cerevisiae* air sebagai pereaktan sehingga terbentuk etanol .



Reaksi akan dilakukan dalam Reaktor *Batch*, Reaktor beroperasi pada suhu tetap , yaitu 30 °C dan dengan tekanan tetap, yaitu 1 atm. Reaksi ini adalah reaksi eksotermis, sehingga untuk menjaga suhu reaksi diperlukan air pendingin dan menggunakan jaket.

Kondisi reaksi pada fermentor bekerja pada keadaan anaerob (tanpa udara). pH diatur tetap pada range pH 4-5. Serta dengan penambahan amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) sebagai nutrisi untuk *Saccharomyces Cerevisiae* pada saat terjadi proses fermentasi. Waktu inkubasi yang dibutuhkan pada proses fermentasi selama 48 jam. Hasil dari fermentor terdapat dua produk. Produk utama memiliki kadar etanol 15 % dan produk samping berupa *yeast mud* yang dapat dijadikan sebagai pupuk organik.

c. Pemurnian Produk

Proses pemurnian terjadi tiga tahap, tahap penguapan, pemisahan dan penjerapan. Tahap pertama, hasil keluaran fermentor berupa etanol 15% dilewatkan ke evaporator untuk dilakukan proses penguapan etanol-air-gula. Produk yang didapatkan terdapat dua produk, produk utama evaporator memiliki kadar etanol 52% yang akan langsung dialirkan ke Menara Distilasi, sedangkan hasil dari produk samping akan dilakukan pemisahan lebih

lanjut. Pada tahap kedua, umpan yang masuk pada Menara Distilasi terjadi pada *tray* 17. Hasil dari *top* menara yang memiliki kadar etanol 97% langsung dialirkan ke Adsorber untuk menghasilkan etanol 99,8%.

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik *Bioethanol* diperoleh dari sungai Sungai Way Seputih dan Way Sekampung. Sungai Way Seputih memiliki debit 9,4 m³/s dan sungai Way Sekampung 24,6 m³/s (www.academia.edu. 2015). Air yang digunakan sebesar 444.723,75 kg/jam. Pembangkit listrik disuplai dari PLN setempat dan memiliki cadangan energi dari generator. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik *Bioethanol* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Bioethanol*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	71.653 kg/jam
Brine Water	10.222
Air Pendingin	44.732 kg/jam
Listrik	974,171 kW
Bahan Bakar	267,79 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

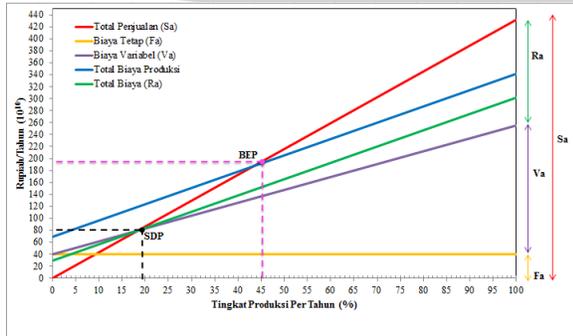
Mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan perlu dilakukannya analisis ekonomi. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik *Bioethanol* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	43%	Min. 11%	Layak
POT	2,8 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	47%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah keuntungan yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point* (BEP) adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa) dibandingkan harus produksi. Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik *acrylamide* dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik *Bioethanol* dari Tetes Tebu dengan Proses Fermentasi akan berdiri di daerah Terusan Nunyai, Lampung Tengah, Provinsi Lampung, didirikan pada tahun 2026 dengan kapasitas 37.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 151 orang. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 28%, POT sebesar 2,8 tahun, BEP sebesar 47% dan SDP sebesar 22%. Sehingga pabrik *Bioethanol* ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2018. *Data Ekspor-Impor*. <http://www/bps.go.id>. Diakses tanggal 10 Desember 2018.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineers Handbook*, edited by D. W. Green and J. O. H. Maloney. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Peters and Timmerhouse. 1991. *Plants Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Ullmann. 1996. *Ullmann's Encyclopedia og Industry Chemistry 5th Edition*. Weinhem Willey-Vch Verlag GmbH & co KgaA. Germany.
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Hand Book*. Lamar University Beaumont. Texas.

