

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG DENGAN PROSES FERMENTASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Natalia Sihombing, Rizky Noor Thala'ah *¹

Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jln.A. Yani KM 35,
Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: rizkynoorthalaah16@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan penduduk di dunia yang cukup tinggi berimbas pada peningkatan kebutuhan sarana transportasi dan akhirnya mempengaruhi jumlah kebutuhan bahan bakar. Untuk itu sumber energi alternatif yang digunakan sebagai bahan bakar adalah bioetanol. Bioetanol adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan dikarenakan bersih dari emisi. Kebutuhan bioetanol di Indonesia sendiri tiap tahunnya selalu mengalami kenaikan sehingga mendorong untuk dilakukannya inovasi untuk meningkatkan produksi bioetanol. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dirancang pabrik bioetanol yang direncanakan akan berdiri pada tahun 2026 dengan kapasitas 35.000 ton/tahun. Pabrik ini akan didirikan di Teladas, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung.

Pembuatan bioetanol relatif mudah, sederhana dan bahan bakunya juga mudah didapatkan. Bahan baku utama pembuatan bioetanol adalah singkong. Proses produksi yang digunakan dalam perancangan pabrik bioetanol ini adalah proses fermentasi dengan menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi dilakukan dalam kondisi anaerob selama 34 jam pada suhu 45°C dan tekanan 1 atm. Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi ini berkadar 8-12%. Selanjutnya, untuk tahap pemurnian bioetanol menggunakan menara distilasi serta molecular sieve dengan menggunakan zeolite sebagai unit dehidrasi untuk mencapai konsentrasi bioetanol 99,5%.

Bioetanol berbahan baku singkong diproduksi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2026. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line dan staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan non-shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 151 orang. Selain itu diperoleh juga nilai Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 28,11 % dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 18,3 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,624 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak yaitu 3,537 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 47% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 30%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik bioetanol kapasitas 35.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Bioetanol, Fermentasi, Singkong, Saccharomyces cerevisiae

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk di dunia yang cukup tinggi dari tahun ke tahun dan bertambahnya jumlah penduduk berimbas dengan peningkatan kebutuhan sarana transportasi yang pada akhirnya mempengaruhi jumlah kebutuhan bahan bakar. Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar terbanyak yang digunakan saat ini. Namun ketersediaan bahan bakar tidak terbarukan ini semakin menipis dan sudah tidak bisa diandalkan di masa yang akan datang. Untuk itu pencarian sumber energi alternatif untuk bahan bakar harus dikembangkan sehingga dapat diaplikasikan untuk penggunaan massal. Saat ini sumber energi bahan bakar dari sumber alam sudah banyak dikembangkan. Salah satu sumber energi tersebut adalah Bioetanol (Arlianti, 2018).

Bioetanol adalah salah satu bahan bakar alternatif yang sedang dikembangkan dan dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan dikarenakan bersih dari emisi. Pembuatan Bioetanol prosesnya relatif mudah, sederhana dan bahan bakunya juga mudah didapatkan. Pembuatan Bioetanol ini dapat dikembangkan untuk industri skala kecil atau menengah sehingga dapat membantu perekonomian masyarakat dalam mencukupi kebutuhan Bioetanol di Indonesia (Pratiwi, 2011). Bioetanol dapat dibuat dari berbagai macam bahan baku, salah satunya adalah singkong.

Singkong (*Manihot utilissima*) sering juga disebut sebagai ubi kayu atau ketela pohon, merupakan tanaman yang sangat populer di seluruh dunia, khususnya di negara-negara tropis. Di Indonesia, singkong memiliki arti ekonomi terpenting dibandingkan dengan jenis umbi-umbian



yang lain. Selain itu kandungan pati dalam singkong yang tinggi sekitar 25-30% sangat cocok untuk pembuatan energi alternatif Potensi singkong di Indonesia cukup besar maka dipilihlah singkong sebagai bahan baku utama (Rikana and Adam, 2010). Berikut data kebutuhan bioetanol di Indonesia dari Badan Pusat Statistik tahun 2017 sampai dengan tahun 2021 pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Impor dan Ekspor Bioetanol di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)			
	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)	% Pertumbuhan Impor	% Pertumbuhan Ekspor
2017	80.894,5600	45.785,8879	5,3275	7,4380
2018	85.548,9000	50.731,2400	5,4406	9,7480
2019	94.764,8800	56.799,0100	9,7251	10,6830
2020	108.567,4300	64.126,2800	12,7133	11,4260
2021	130.854,2400	73.146,2800	17,0318	12,3310
	Jumlah		50,2383	51,6260
	Rata-rata		10,0480	10,3250

Berdasarkan data diatas perkiraan jumlah kebutuhan bioetanol tahun 2026 dihitung menggunakan metode *discounted* berikut ini (Ulrich, 1986):

$$F = P (1+i)^n$$

Keterangan:

F = Jumlah produk pada tahun terakhir

P = Jumlah produk pada tahun pertama

I = Pertumbuhan rata-rata per tahun

n = Selisih tahun yang diperhitungkan

Berdasarkan perhitungan diatas, kebutuhan bioetanol di Indonesia tahun 2026 diperkirakan sebesar 35.000 ton/tahun. Dengan mempertimbangkan kebutuhan bioetanol tahun 2026, kapasitas pabrik bioetanol yang telah berdiri di Indonesia dan ketersediaan bahan baku, maka pabrik yang akan didirikan memiliki kapasitas 35.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Ada 2 jenis proses pada pembuatan bioetanol yaitu proses fermentasi, hidrolisis secara kimiawi dan hidrolisis secara enzimatik.

2.1.1 Proses Fermentasi

Proses fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk, dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul Bioetanol, 2 molekul CO₂ dan pembebasan energi (HADI, 2013).



2.1.2 Hidrolisis Secara Kimiawi

Hidrolisis secara kimiawi biasanya menggunakan asam. Asam yang sering dipergunakan adalah asam sulfat, asam klorida dan asam fosfat.

2.1.3 Hidrolisis Secara Enzimatik

Hidrolisis pati dapat menggunakan enzim α -amilase dan glucoamilase. Enzim α -amilase merupakan endo-enzim yang dapat memecah ikatan α -1,4 glikosidik secara acak dibagian dalam molekul baik pada amilosa maupun pada amilopektinnya.

Perbedaan antara ketiga proses tersebut dapat diuraikan pada **Tabel 2.** berikut:

Tabel 2. Perbedaan Proses Pembuatan Bioetanol

Parameter	Proses		
	Fermentasi	Hidrolisis secara Kimiawi	Hidrolisis secara Enzimatik
1. Aspek Teknis			
- Bahan baku	Singkong	Singkong	Singkong
- Temperatur (°C)	30 ²⁾	121 ³⁾	95 ³⁾
- Tekanan (atm)	1 ²⁾	1-1,5 ³⁾	1-1,5 ⁴⁾
- Konversi (%)	96 ⁹⁾	90 ⁹⁾	90 ⁹⁾
- Yield (%)	90 ²⁾	70,4 ³⁾	66,4 ³⁾
- Waktu Reaksi	72 jam ¹⁾	2 jam ¹⁾	1,5 ³⁾
2. Aspek Ekonomi			
- Bahan Baku	Murah ¹⁾	Murah ¹⁾	Mahal ¹⁾
- Investasi	Kecil ⁶⁾	Besar ⁷⁾	Besar ⁸⁾
3. Aspek AMDAL			
	Menghasilkan limbah padat berupa kulit singkong	produk samping yang mengganggu dan bersifat toksik terhadap mikroorganisme	produk samping yang mengganggu dan bersifat toksik terhadap mikroorganisme

Berdasarkan proses pembuatan Bioetanol yang telah diuraikan di atas maka dipilih proses secara fermentasi. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah:

1. Aspek teknis, dimana menggunakan temperatur dan tekanan operasi yang rendah dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm serta menghasilkan konversi sebesar 96%.
2. Aspek ekonomi, dimana biaya investasi relative lebih murah serta waktu pengembalian modal dan laju pengembalian lebih cepat.
3. Limbah lingkungan, limbah (produk samping) yang dihasilkan hanya sedikit berupa limbah padat berupa kulit singkong serta dapat dikelola lagi menjadi pakan ternak.

2.2 Uraian Proses

Uraian proses pembuatan Bioetanol sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Hidrolisa
3. Tahap Sterilisasi
4. Tahap Fermentasi
5. Tahap Pemurnian
6. Tahap Dehidrasi

2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap persiapan bahan baku, singkong diangkut dari gudang menggunakan *belt conveyor*



2.2.5 Tahap Pemurnian

Hasil fermentasi berupa Bioetanol dengan kadar 8-12% dan kemudian dipompakan ke *day tank* untuk menyimpan sementara kemudian dipompakan ke *rotary drum vacuum filter* untuk memisahkan dari *cake*. Bioetanol kemudian dipompakan ke menara distilasi dengan tekanan 1 atm untuk menaikkan kadar Bioetanol menjadi 96%. Hasil atas menara distilasi berupa bioetanol 96% kemudian dipompakan ke *molecular sieve* untuk mencapai kemurnian 99,5% maka dilakukan proses dehidrasi.

2.2.6 Tahap Dehidrasi

Proses ini dapat menghilangkan air hingga kadar Bioetanol menjadi 99,5% dan dihasilkan Bioetanol murni. Bioetanol 96% dipompakan ke *molecular sieve* pada suhu 79.25°C untuk mengalami proses dehidrasi. Pada proses dehidrasi Bioetanol ini digunakan metode adsorpsi dengan *molecular sieve* tipe *zeolite*. Di unit ini terjadi pemurnian Bioetanol karena kandungan air yang terdapat dalam Bioetanol 96% ini akan diserap oleh *zeolite molecular sieve* dengan jenis 3A karena diameter pori dari *molecular sieve* ini tidak bisa ditembus oleh molekul Bioetanol tapi molekul air dapat terserap.

Bioetanol yang keluar dari unit *molecular sieve* merupakan Bioetanol berkadar 99,5% dan keluar pada suhu 79.25°C. Kemudian Bioetanol 99,5% tersebut didinginkan kembali dengan menggunakan *cooler* sehingga suhunya menjadi 30°C dan ditampung pada tangki penyimpanan produk.

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik bioetanol berasal dari Sungai Tulang Bawang. Jumlah air yang digunakan adalah 145.280,287 kg/jam. Kebutuhan energi listrik utama disediakan oleh PLN yang telah tersedia dikawasan industri ini. Sedangkan kebutuhan listrik cadangan apabila PLN mengalami gangguan diperoleh dari generator yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Jumlah kebutuhan utilitas untuk pengoperasian pabrik bioetanol ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik Bioetanol

Kebutuhan	Jumlah
Unit Penyedia <i>Steam</i>	2.620,289 kg/jam
Unit Penyedia Air	23.742,422 kg/jam
Unit Penyedia Listrik	55.370,253 kW
Unit Penyedia Bahan Bakar	69.547,287 L/jam

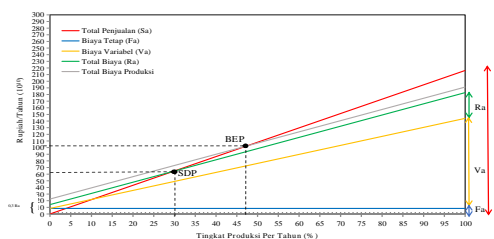
4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi harus dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik ini untuk didirikan sehingga dapat diklasifikasikan layak atau tidak. Analisa ekonomi pada pabrik bioetanol ini ditunjukkan pada **Tabel 4.** sebagai berikut:

Tabel 4. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Status
ROI	28,11%	Minimal 11%	Layak
POT	2,6 tahun	Maksimal 5 tahun	Layak
BEP	47%	40-60%	Layak
SDP	30%	20-40%	Layak

Pengembalian modal yang diinvestasikan (ROI) adalah pengembalian modal yang diinvestasikan dibagi dengan pendapatan. POT (*Pay Out Time*) adalah periode kembalinya (uang penanaman modal) yang dihasilkan berdasarkan laba yang didapatkan. Titik impas (BEP) merupakan titik yang mewakili tingkat pengeluaran dan pendapatan yang sama. Titik dimana saat kegiatan produksi dihentikan disebut *Shutdown Point* (SDP). Penyebab SDP seringkali adalah biaya variabel yang sangat tinggi dan keputusan manajemen yang dihasilkan dari operasi produksi yang tidak menguntungkan. Diagram analisis kelayakan ekonomi untuk pabrik bioetanol ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Break Even Point dan Shutdown Point

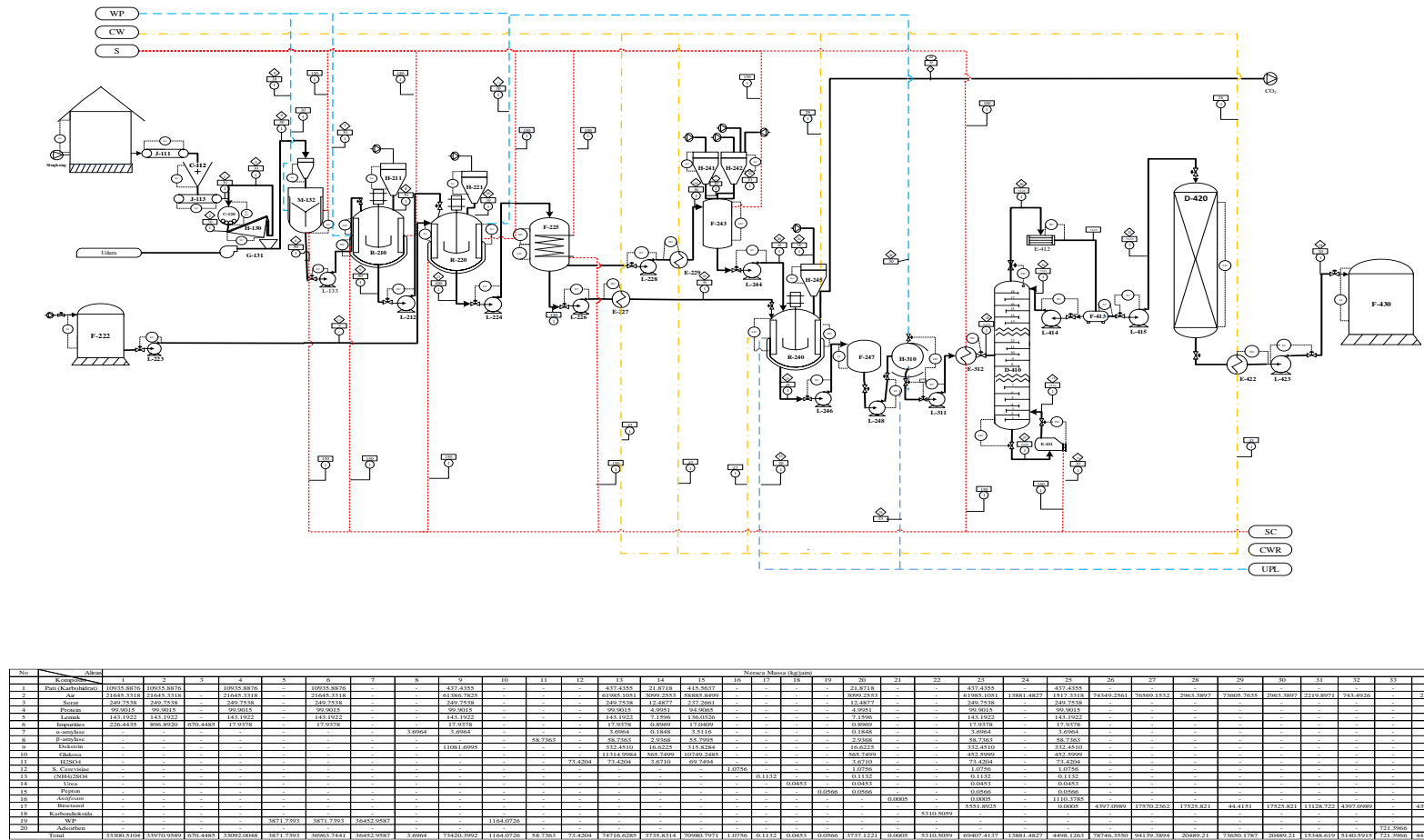
5. Kesimpulan

Hasil dari perhitungan dan hasil perancangan pabrik Bioetanol, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Karena kebutuhan bioetanol yang terus meningkat, pabrik direncanakan akan memproduksi dengan kapasitas 35.000 ton per tahun. tahun untuk bertemu. permintaan nasional.
2. Berdasarkan aspek sumber bahan baku, distribusi bahan baku dan lingkungan, pabrik direncanakan akan dibangun di Telada, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung.
3. Hasil Evaluasi Ekonomi Pabrik bioetanol Kapasitas 35.000 Ton/Tahun Sebagai berikut :



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG DENGAN PROSES FERMENTASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN



KETERANGAN

Aliran Proses		Aliran Proses	
(S) Steam	(WP) Water Process	◊ Nomor Aliran	□ Temperature (°C)
(CW) Cooling Water	(SC) Steam Condensate	(UPL) Unit Pengolahan Limbah	○ Tekanan (atm)
(CWR) Cooling Water Return	(CWL) Cooling Water	○ Bahan Baku	○ Produk
(F) Flow Control	(WC) Weight Control	(LI) Level Indicator	(LIC) Level Indicator Control
(FC) Flow Indicator Control	(V) Valve	(TI) Temperature Indicator	(TIC) Temperature Indicator Control

44 F-430	TANGKI PENYIMPANAN PRODUK	1
43 L-422	POMPA TANGKI PENYIMPANAN PRODUK	1
42 E-421	COOLER 3	1
41 D-420	MOLECULAR SIEVE	1
40 L-413	POMPA MOLECULAR SIEVE	1
39 L-414	POMPA AKUMULATOR	1
38 F-413	AKUMULATOR	1
37 E-412	KONDENSOR	1
36 E-411	REBOILER	1
35 D-410	MENARA DESTILASI	1
34 E-312	HEATER	1
33 L-311	POMPA ROTARY DRUM VACUUM FILTER	1
32 H-310	ROTARY DRUM VACUUM FILTER	1
31 L-248	POMPA DAI TANK	1
30 F-247	DAI TANK	1
29 L-246	POMPA FERMENTOR	1
28 R-240	FERMENTOR	1
27 F-245	HOPPER ANTI FOAM	1
26 L-244	POMPA SEED TANK	1
25 F-243	SEED TANK	1
24 F-242	HOPPER NUTRIENT	1
23 F-241	HOPPER YEAST	1
22 E-227	COOLER 2	1
21 E-229	COOLER 1	1
20 L-226	POMPA 2	1
19 L-228	POMPA 1	1
18 F-225	TANGKI SUBLIMASI	1
17 L-224	POMPA REAKTOR SAKARIFIKASI	1
16 R-220	REAKTOR SAKARIFIKASI	1
15 L-223	POMPA TANGKI H ₂ SO ₄	1
14 F-222	TANGKI H ₂ SO ₄	1
13 F-221	HOPPER β-AMYLASE	1
12 L-212	POMPA REAKTOR LIQUIFIKASI	1
11 R-210	REAKTOR LIQUIFIKASI	1
10 F-211	HOPPER α-AMYLASE	1
9 L-133	POMPA MIXER LARUTAN SINGKONG	1
8 M-132	MIXER LARUTAN SINGKONG	1
7 G-131	PNEUMATIC CONVEYOR SERBUK SINGKONG	1
6 H-130	SCREEN SERBUK SINGKONG	1
5 C-120	BALL MILL SINGKONG KECIL	1
4 J-113	BELT CONVEYOR SINGKONG KECIL	1
3 C-112	CRUSHER SINGKONG	1
2 J-111	BELT CONVEYOR SINGKONG	1
1 F-110	WAREHOUSE SINGKONG	1
NO KODE	NAMA ALAT	Jumlah

Digambar Oleh:
 NATALIA SHOMBING (1810814120003)
 RIZKY NOOR THALAAH (1810814120009)

Diperiksa Oleh:
 Dr. ABUBAKAR TUHULOULA, S.T., MT. (19750820 200501 1 001)

FLOW SHEET
 PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL
 DARI SINGKONG DENGAN PROSES FERMENTASI
 KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
 PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
 2022

Gambar 2. Diagram Alir Proses Perancangan Pabrik Bioetanol dari Singkong dengan Proses Fermentasi Kapasitas 35.000 Ton/Tahun

- Rata-rata keuntungan sebelum pajak: Rp 180.783.656.814
- Rata-rata keuntungan setelah pajak: Rp 117.509.376.929
- ROI (*Return Of Infestment*) sebelum pajak: 28,11 %
- ROI (*Return Of Infestment*) setelah pajak: 18,3 %
- POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak: 2,6 tahun
- POT (*Pay Out Time*) setelah pajak: 3,5 tahun
- BEP (*Break Even Point*) : 47 %
- SDP (*Shut Down Point*): 30%

Dari analisis hasil ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa prarancangan pabrik bioetanol pada kapasitas 35.000 ton/tahun dapat dipertimbangkan kembali untuk dibangun.

Daftar Pustaka

- Artati, e. k. & Andik, p. 2006. Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Hidrolisis Pati Pisang. *Ekulilibrium*, 5, 8-12.
- Atikah, a. 2018. *Efektifitas Bentonit Sebagai Adsorben Pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. Jurnal Distilasi*, 2, 23-32.
- Badan Pusat Statistik. (2021): *Ekspor dan Impor Bioetanol 2017-2021*. Jakarta
- Fachry, a. r., Astuti, p. Dan Puspitasari, t. g. (2013): *Pembuatan Bietanol Dari Limbah Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida Dan Waktu Fermentasi*. *Jurnal Teknik Kimia*. 19.
- Hadi, f. n. (2013): *Pengaruh Dosis Ragi Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Glukosa Dan Etanol Tepung Umbi Kana (Canna Indica l.)*. *University Of Muhammadiyah Malang*.
- Rikana, h. & Adam, r. 2010. *Pembuatan Bioetanol Dari Singkong Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape*. *Universitas Diponegoro, Semarang*.

