

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL
KAPASITAS 8000 TON/TAHUN DARI KULIT KAKAO
(*THEOBROMA CACAO*)**



SKRIPSI PRA-RANCANGAN PABRIK

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Sarjana D4 Teknologi Kimia Industri
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

BAYU PRANA WIDYA AWIGHNA 432 19 035

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Bioetanol Kapasitas 8000 Ton/Tahun dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao*)** oleh Bayu Prana Widya Awighna NIM 432 19 035 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2021

Pembimbing I



Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.
NIP. 19651005 199303 1 001

Pembimbing II



Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

Mengetahui,

a.n. Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Bioetanol Kapasitas 8000 Ton/Tahun dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao*)** oleh Hesti NIM 432 19 043 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2021

Pembimbing I



Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T.
NIP. 19651005 199303 1 001

Pembimbing II



Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

Mengetahui,

a.n. Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Drs. Herman Banggalino, M.T.
NIP. 19610831 199003 1 002

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL KAPASITAS 8000 TON/TAHUN
DARI KULIT KAKAO (*THEOBROMA CACAO*)

RINGKASAN

Kulit kakao merupakan limbah pertanian yang mengandung lignoselulosa yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pabrik bioetanol dengan kapasitas 8000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2022 di kabupaten Luwu Timur, provinsi Sulawesi Selatan dengan pertimbangan ekonomi dan analisis potensi ketersediaan bahan baku kulit kakao yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bioetanol serta dapat mengurangi jumlah impor bioetanol di Indonesia. Pabrik bioetanol direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun.

Proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan tahapan proses yaitu tahap persiapan bahan baku, delignifikasi dengan NaOH 2%, hidrolisis menggunakan katalis H₂SO₄ 1,1 %, fermentasi dengan bantuan yeast kemudian proses destilasi serta dehidrasi dengan menggunakan *moleculer sieve zeolite* untuk memperoleh kemurnian etanol 99,5%.

Pabrik bioetanol dilengkapi dengan unit penyediaan air sebesar 303919.77 kg/jam dengan kebutuhan bahan bakar solar yaitu 7413.8 L/tahun dan dilengkapi dengan unit penyediaan kebutuhan listrik serta unit pengolahan limbah dengan total karyawan 236 orang.

Hasil analisis ekonomi pabrik pembuatan bioetanol dari tongkol jagung diperoleh Fixed Capital Investment (FCI) Rp 145.490.671.534,56 dan Working Capital Investment (WCI) Rp 36.372.667.883,64. Adapun persen Return on Investment (ROI) 35,28%, Internal Rate of Return (IRR) 31% dengan Pay Out Time (POT) yaitu 2 tahun dan Break Even Point (BEP) sebesar 57,36 %. Berdasarkan hasil perhitungan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: bioetanol, kulit kakao, hidrolisis, fermentor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Later Belakang

Eksplorasi sumber daya energi dan pemanfaatannya menimbulkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang telah menjadi perhatian masyarakat global. Dampak penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit energi listrik, transportasi dan pemanasan telah mengakibatkan terjadinya peningkatan pemanasan global dan perubahan iklim dengan segala dampak ikutannya yang mengancam kehidupan dan kelestarian bumi (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, 2017)

Salah satu sumber energi yang dapat mengganti peran bahan bakar minyak (BBM) adalah bioenergi atau bahan bakar nabati (BBN). Pemanfaatan bahan bakar nabati pada tahun 2018 mencapai 4.088.000kL (Rahmanulloh, 2019). Salah satu bioenergi yang telah banyak dikembangkan ialah bioetanol.

Indonesia sebagai negara yang kaya dengan sumber daya alam memiliki kesempatan yang luas dalam pengembangan bioetanol untuk menggantikan sumber energi fosil yang semakin sedikit. Saat ini sudah mulai diproduksi bioetanol dari berbagai bahan baku yang mengandung pati seperti singkong, kentang, jagung, dan sebagainya (Arlianti, 2018). Bahan yang memiliki kandungan selulosa juga dapat dimanfaatkan sebagai substitusi penggunaan bahan baku bioetanol berbasis pati yang merupakan sumber pangan masyarakat dunia. Salah satu bahan dengan kandungan selulosa yang tinggi adalah kulit buah kakao sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol.

Perkebunan kakao di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam kurun waktu 20 tahun terakhir dimana pada tahun 2015 luas areal perkebunan kakao Indonesia tercatat seluas 1,72 juta ha. Sebagian besar (88,48%) dikelola oleh perkebunan rakyat, 5,53% dikelola perkebunan besar negara dan 5,59% perkebunan besar swasta dengan sentra produksi utama adalah Sulawesi

Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Lampung dan Sumatera Utara (Siagan, 2016).

Kulit kakao dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan karena penggunaannya sangat terbatas dan kadang dibuang begitu saja tanpa penggunaan lebih lanjut. Setiap ton kakao kering akan menghasilkan 10 ton kulit kakao berdasarkan berat basah (Erika, 2013). Kulit kakao merupakan limbah lignoselulosik yang mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa. Kandungan selulosa pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam pembuatan etanol. Dengan demikian, kulit kakao dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol.

Tahapan proses dalam pembuatan bioetanol dari kulit kakao dimulai dengan proses *pretreatment* yang bertujuan menghilangkan lignin yang terkandung dalam lignoselulosa. Selanjutnya, proses hidrolisis yang berfungsi untuk mengubah selulosa menjadi glukosa, yang kemudian akan difermentasi untuk menghasilkan bioetanol. Tahapan selanjutnya adalah pemurnian bioetanol dengan cara distilasi hingga mencapai kadar yang diinginkan.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Kakao

Tanaman kakao berasal dari Amerika Selatan. Dengan tempat tumbuhnya di hutan hujan tropis, tanaman kakao telah menjadi bagian dari kebudayaan masyarakat selama 2000 tahun. Nama latin tanaman kakao adalah *Theobroma Cacao* yang berarti makanan untuk Tuhan (Sutomo et al., 2017).



Gambar 1.2.1 Tanaman Kakao
Sumber : (<https://agrotek.id>)

Tabel 1.2.1 Klasifikasi taksonomi dari spesies tanaman kakao

<i>Kingdom</i>	<i>Plantae</i>
<i>Division</i>	<i>Spermatophyta</i>
<i>Sub-division</i>	<i>Angiospermae</i>
<i>Class</i>	<i>Dicotyledoneae</i>
<i>Sub-class</i>	<i>Dialypetalae</i>
<i>Order</i>	<i>Malvales</i>
<i>Family</i>	<i>Sterculiaceae</i>
<i>Genus</i>	<i>Theobroma</i>
<i>Species</i>	<i>Theobroma cacao</i>

Sumber: (Tjitrosoepomo, 1988)

Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar ke-3 dunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Pusat Data dan Informasi, 2007). Pada periode tahun 1980–2016 secara umum pola perkembangan luas areal kakao di Indonesia cenderung meningkat. Pada tahun 1980, luas areal kakao di Indonesia sebesar 47.082 Ha, kemudian pada tahun 2015 menjadi 1.724.092 Ha. Dari hasil estimasi Ditjen Perkebunan, luas areal kakao tahun 2016 akan turun 0,10% dibandingkan tahun 2015. Secara umum rata-rata peningkatan luas areal kakao pada kurun waktu 1980-2016 sebesar 11,48% per tahun. Pada periode ini luas areal terbesar terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 1.774.463 ha. Pada periode 1980-2011 rata-rata pertumbuhan luas areal kakao sebesar 13.35% per tahun sedangkan pada periode tahun 2012-2016 (lima tahun terakhir) luas areal kakao turun sebesar 0,11% pertahun (Siagan, 2016).

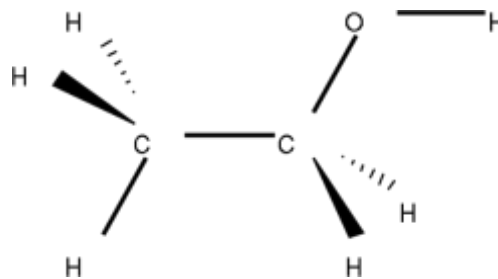
1.2.2 Kulit Kakao

Semakin meningkatnya produksi kakao baik karena penambahan luas areal pertanaman maupun yang disebabkan oleh peningkatan produksi per satuan luas, akan meningkatkan jumlah limbah buah kakao. Komponen limbah buah kakao yang terbesar berasal dari kulit buahnya, yaitu sebesar 75% dari total buah (Ashadi, 1988).

Kulit kakao adalah produk samping dari industri perkebunan kakao yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit kakao mengandung selulosa sebesar 24,24%, hemiselulosa sebesar 8,72%, lignin sebesar 26,38%, 30.16% abu dan lainnya (Ofori-Boateng & Lee, 2013). Pemanfaatan lignoselulosa menjadi bahan baku bioetanol berbasis selulosa dapat menjadi solusi persoalan energi saat ini serta membantu peningkatan kesejahteraan petani kakao.

1.2.3 Bioetanol

Bioetanol mempunyai rumus molekul C_2H_5OH dengan rumus bangunnya CH_3-CH_2-OH namun sering ditulis dengan EtOH. Bioetanol diproduksi dari biomassa yang mengandung gula, pati dan selulosa (Arlianti, 2018). Bioetanol merupakan bagian dari kelompok metil (CH_3) yang terangkai pada kelompok metilen (CH_2) dan terangkai dengan kelompok hidroksil (OH). Secara umum akronim dari Bioetanol adalah EtOH (Ethyl-(OH)) (Setiawan, 2013).



Gambar 1.2.3 Struktur molekul Bioetanol

Sumber: (Fessenden & Fessenden, 1997)

Kelebihan pemakaian bioetanol adalah: (a) Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin; (b) Emisi hidrokarbon lebih sedikit.

Kekurangan-kekurangan bioetanol dibandingkan bensin: (a) Pada mesin dingin lebih sulit melakukan starter bila menggunakan bioetanol; (b) Bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium (Setiawan, 2013).

1.2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan jenis khamir yang mempunyai sel tunggal. Sel khamir terdiri dari kapsul, dinding sel, membran sitoplasma, nucleus, vakuola, globula lipid dan mitokondria. Khamir ini berbentuk oval (bulat telur) dengan ukuran sekitar 1-5 μ m atau 20-25 μ m dengan lebar sekitar 1-10 μ m. Koloninya berbentuk rata, lembab, mengkilap dan halus (Agustining, 2012).

Saccharomyces cerevisiae termasuk dalam golongan Ascomycetes karena dapat membentuk askospora dalam askus. Spesies ini dapat bereproduksi secara seksual dengan membentuk spora seksual berupa konidium atau juga bereproduksi secara aseksual dengan membentuk spora aseksual berupa askospora sebanyak 4-8 buah dalam askus serta melakukan pertunasan. Pertunasan pada spesies ini dapat berupa pertunasan multilateral, yaitu tunas dapat tumbuh disekitar ujung sel (Agustining, 2012).

Tabel 1.2.2 Klasifikasi ilmiah *S. cerevisiae*

Klasifikasi ilmiah	
Kerajaan:	Fungi
Filum:	<i>Ascomycota</i>
Subfilum:	<i>Saccharomycotina</i>
Kelas:	<i>Saccharomycetes</i>
O/rdo:	<i>Saccharomycetales</i>
Famili:	<i>Saccharomycetaceae</i>
Genus:	<i>Saccharomyces</i>
Spesies:	<i>S. cerevisiae</i>

Sumber: (Agustining, 2012)

Sel *S. cerevisiae* dapat tumbuh pada medium yang mengandung air gula dengan konsentrasi tinggi. *S. cerevisiae* merupakan golongan khamir yang mampu memanfaatkan senyawa gula yang dihasilkan oleh mikroorganisme selulolitik untuk pertumbuhannya. Spesies ini dapat memfermentasikan berbagai karbohidrat dan menghasilkan enzim invertase yang bisa memecah sukrosa menjadi glukosa

dan fruktosa serta dapat mengubah glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida sehingga banyak digunakan dalam industri pembuatan bir, roti ataupun anggur (Agustining, 2012).

1.3 Kapasitas Produksi

Pabrik bioetanol dari kulit kakao akan dibangun dengan kapasitas ton/tahun untuk pembangunan pabrik di tahun 2023. Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik bioethanol dari kulit kakao ini, terdapat beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan yaitu:

- **Ketersediaan Bahan Baku**

Menurut data yang diperoleh dari BPS, produksi biji kakao di Indonesia sejak tahun 2015 hingga 2019 berkisar antara 593331 – 767280 ton/tahun. Produksi kakao terbesar di Indonesia pada tahun 2019 berasal dari Provinsi Sulawesi Tenggara sebesar 137737 ton, Provinsi Sulawesi Tengah sebesar 127.669 tondan Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 118775 ton. Sementara, jika diakumulasi total produksi biji kakao pada tahun 2018 di pulau Sulawesi mencapai 466.179 ton/tahun.

Berat kulit buah kakao berkisar antara 70% sampai 75% dari berat utuh buah kakao, dimana setiap ton buah kakao akan menghasilkan 700 kg sampai dengan 750 kg kulit buah kakao (Cruz et al., 2012). Jika berat biji kakao adalah 30%, dapat diprediksi bahwa produksi kulit kakao di Indonesia dapat mencapai 1806455 ton/tahun, di pulau Sulawesi, potensi produksi kulit kakao dapat mencapai 1087751 ton/tahun. Sementara di Sulawesi Selatan, produksi kulit kakao dapat mencapai 277141.6667 ton/tahun. Dengan yield etanol dari kulit kakao dari beberapa literasi yakni sebesar 12% (Oktavianis & Sofiyanita, 2019), 8.46% (Oyetuji et al., 2015), 17.3% (Samah et al., 2011), maka potensi bioethanol di pulau Sulawesi dapat mencapai 156 ribu ton/tahun.

- Kebutuhan Produk di Indonesia

a. *Supply*

- Impor Etanol

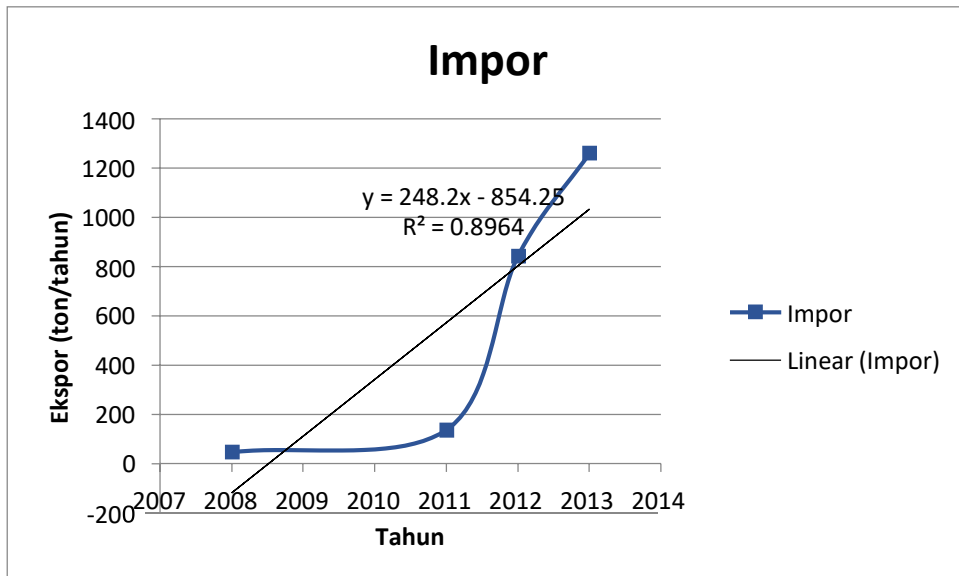
Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia menunjukkan peningkatan permintaan impor etanol dari dalam negeri seperti pada table 1.3.1 berikut:

Tabel 1.3.1 Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2008	47.34
2011	137.892
2012	844.699
2013	1261.623

Sumber: (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2017)

Data tersebut diolah dengan menggunakan metode regresi linier untuk memperkirakan kebutuhan impor etanol dimasa mendatang. Kurva prediksi kebutuhan impor etanol di Indonesia dari tahun ke tahun dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1.3.1 Grafik Impor Etanol di Indonesia

Melalui persamaan garis lurus diatas $y = 248.2x - 854.25$ digunakan untuk memprediksi jumlah impor etanol pada tahun 2023. Menggunakan data tersebut diprediksi jumlah impor bioetanol sebesar 3613.35 ton/tahun.

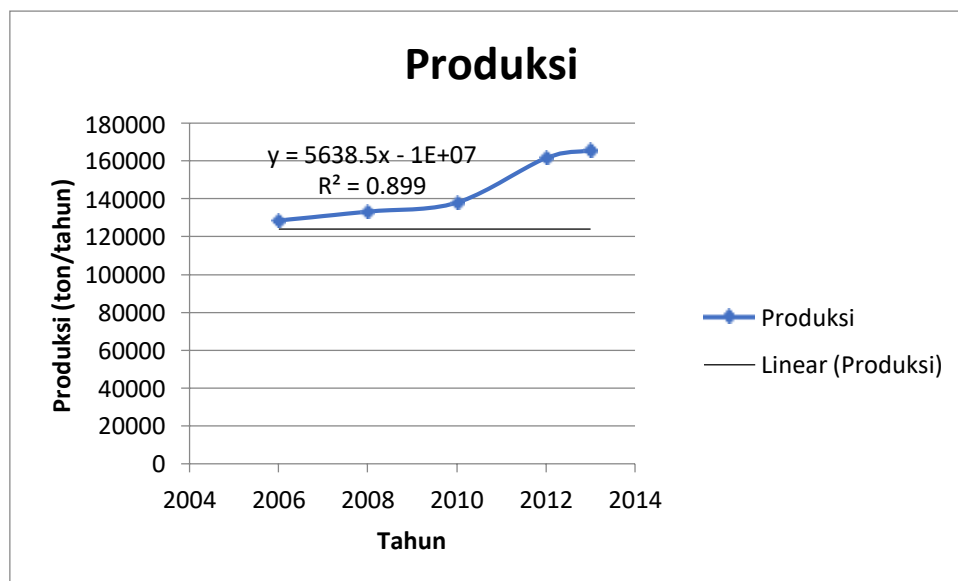
- **Produksi Etanol**

Peningkatan produksi etanol dari industri penghasil etanol di Indonesia dari tahun ke tahun yang diperoleh dari Index Mundi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.3.2 Kapasitas Produksi Etanol

Tahun	Produksi (ton/tahun)
2006	128.607
2008	133.341
2010	138.075
2012	161.745
2013	165.690

Sumber: <https://indexmundi.com>, 2017



Gambar 1.3.4 Grafik produksi etanol di Indonesia

Dari persamaan $y = 5638.5x - 1E+07$ pada grafik, dapat diprediksi total produksi etanol di Indonesia pada tahun 2023 dapat mencapai 219920 ton/tahun.

Berdasarkan data impor dan produksi Etanol di Indonesia, maka dapat ditentukan nilai *supply* etanol di Indonesia tahun 2023, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= (3613.35 + 219920) \text{ ton/tahun} \\
 &= 223533.35 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

b. Demand

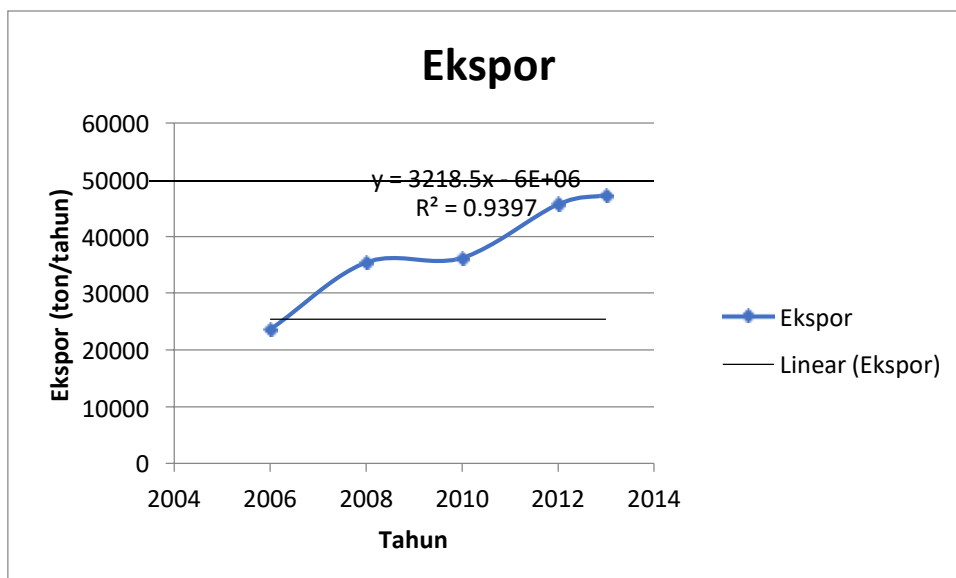
- Ekspor Etanol

Selain permintaan etanol dalam negeri yang meningkat dari tahun ke tahun, ekspor etanol pun mengalami peningkatan dari tahun ke tahun seperti pada table 1.3.3:

Tabel 1.3.3 Ekspor Etanol di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)
2006	23.670
2008	35.505
2010	36.294
2012	45.762
2013	47.340

Sumber: (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2017)



Gambar 1.3.2 Grafik Ekspor Etanol di Indonesia

Dari persamaan $y = 3218.5x - 6E+06$ pada grafik, dapat diprediksi total ekspor etanol di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 80198 ton/tahun.

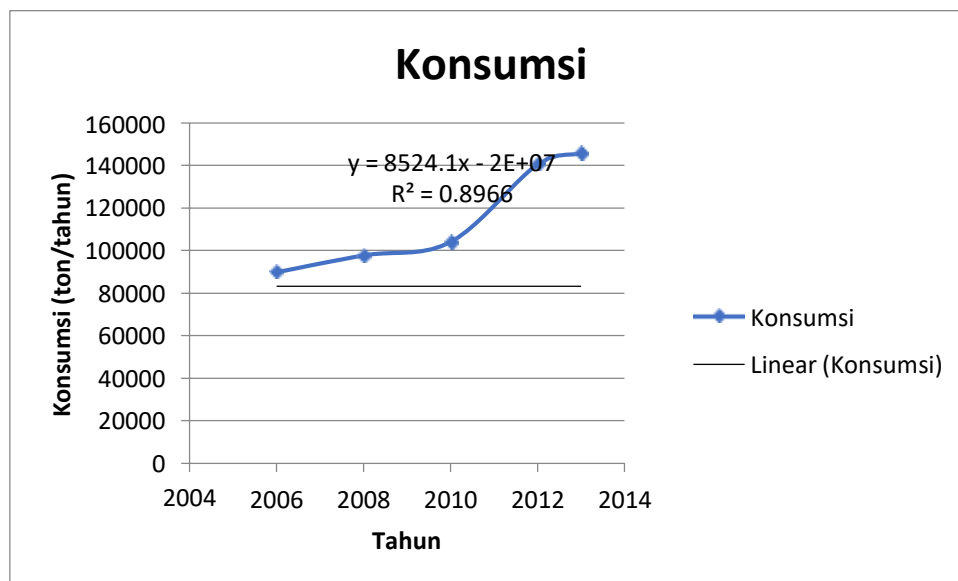
- **Konsumsi Etanol**

Secara umum, etanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, dan bahan campuran bahan bakar untuk kendaraan.

Tabel 1.3.4 Konsumsi Etanol di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
2006	89.946
2008	97.836
2010	104.148
2012	140.780
2013	145.920

Sumber: <https://indexmundi.com>, 2017



Gambar 1.3.3 Grafik Konsumsi Etanol di Indonesia

Pada persamaan $y = 8524.1x - 2E+07$, diperoleh data konsumsi etanol di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 228.243,8 ton/tahun.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi Etanol di Indonesia, maka dapat ditentukan nilai *demand* Etanol di Indonesia tahun 2023, yaitu:

$$\begin{aligned}
 Demand &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\
 &= (80198 + 228243.8) \text{ ton/tahun} \\
 &= 308442 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari beberapa variabel tersebut, dapat dihitung peluang kebutuhan etanol di Indonesia pada tahun 2023 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= Demand - Supply \\
 &= (308441.8 - 223533.35) \text{ ton/tahun} \\
 &= 84908.45 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diketahui jumlah kebutuhan etanol di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 84908.45 ton/tahun. Dengan analisis potensi ketersediaan bahan baku kulit kakao di Pulau Sulawesi yang dapat menghasilkan bioetanol sebesar 156 ribu ton/tahun, dan persaingan industri bioetanol serta kebutuhan bioetanol pada tahun 2023 maka kapasitas pabrik bioetanol yang akan didirikan diputuskan sebesar 8000 ton/tahun, yaitu sebesar 9.4% dari kebutuhan etanol di Indonesia.

1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam penentuan lokasi pabrik perlu adanya pertimbangan-pertimbangan guna melakukan pemilihan lokasi yang tepat yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang didirikan sehingga dapat menguntungkan. Berdasarkan beberapa pertimbangan, lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik ini adalah Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Beberapa pertimbangan penentuan lokasi pabrik, antara lain:

- Kabupaten Luwu Timur merupakan salah satu daerah penghasil kakao terbesar di Sulawesi Selatan yang merupakan bahan baku dalam pembuatan bioetanol.
- Banyaknya pelabuhan di kab. Luwu Timur yang dapat mempermudah pemasaran bioetanol melalui jalur laut.

BAB XI

KESIMPULAN

Prarancangan pabrik bioetanol kapasitas 8000 ton/tahun dari kulit kakao sebagai berikut:

1. Kapasitas produksi : 8000 ton/tahun
2. Lokasi pabrik : Luwu Timur, Sulawesi Selatan
3. Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
4. Jumlah tenaga kerja : 236 tenaga kerja
5. Investasi total : Rp 188.410.419.637,26
6. Hasil penjualan per tahun : Rp 160.000.000.000,-
7. *Interest Rate of Return* : 31 %
8. *Break Event Point* : 57,36 %
9. *Pay Out Time* : 2 tahun

Berdasarkan hasil analisis ekonomi dan analisis kelayakan dapat disimpulkan bahwa pabrik bioetanol 8000 ton/tahun dari kulit kakao layak dan dapat dilanjutkan ke tahap perancangan sesuai dengan prosedur yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrotek. (2020). *Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kakao*. <https://agrotek.id/klasifikasi-dan-morfologi-tanaman-kakao/>
- Agustining, D. (2012). *Daya Hambat Saccharomyces Cerevisiae terhadap Pertumbuhan Jaur Fusarium Oxysporum*.
- Aisyah, S. (2018). Penentuan Derajat Kristalinitas Selulosa, α -Selulosa dan Mikrokrystal Selulosa (MKS) dari Daun Gebang (*Corypha utan Lamk*). In *Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Universitas Sumatera Utara.
- Alves-Ferreira, J., Lourenço, A., Morgado, F., Duarte, L. C., Roseiro, L. B., Fernandes, M. C., Pereira, H., & Carvalheiro, F. (2021). Delignification of *Cistus Ladanifer* Biomass by Organosolv and Alkali Processes. *Energies*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/en14041127>
- Anggoro, D. D., Purwanto, P., & Rispiandi, R. (2014). Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi. *Reaktor*, 15(2), 126. <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.2.126-131>
- Anonim. (2017). *Country Facts*. <https://indexmundi.com>
- Arlianti, L. (2018). *Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial Di Indonesia*. 5(1), 16–22.
- Ashadi, R. W. (1988). *Pembuatan Gula Cair dari POD Coklat dengan Menggunakan Asam Sulfat, Enzim serta Kombinasi Keduanya*. Skripsi.
- Azizah, N. (2018). *Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Tongkol Jagung Kapasitas 4000 Ton/Tahun*. Universitas Muslim Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2017). *Statistik Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Battley, E. H., Putman, R. L., & Boerio-Goates, J. (1997). Heat Capacity Measurements from 10 to 300 K and Derived Thermodynamic Functions of Lyophilized Cells of *Saccharomyces cerevisiae* including the Absolute Entropy and the Entropy of Formation at 298.15 K. *Thermochimica Acta*, 37–46.
- Bernaert, H., & De Ruyscher, I. (2016). *Process of Producing Cocoa Shell Powder*. 2(12), 11. <http://www.saag-ge.ch/>
- Bioingentech Corporation. (2016). *Safety Data Sheet (Saccharomyces cerevisiae)*.
- Brown, G. G. (1950). *Unit Operations*. John Wiley and Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons, Inc.

- Carl Roth GmbH & Co. Kg. (2020a). *Safety Data Sheet (Sodium Hydroxide)*.
- Carl Roth GmbH & Co. Kg. (2020b). *Safety Data Sheet (Water)*.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (2003). *Chemical Engineering* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Cruz, G., Pirilia, M., Huuhtanen, M., Carrion, L., Alvarenga, E., & L., R. K. (2012). Production of Activated Carbon from Cocoa (*Theobroma cacao*) Pod Husk. *Journal of Civil Environment Engineering*, 2, 1–6.
- Erika, C. (2013). Ekstraksi Pektin dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Menggunakan Amonium Oksalat. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 5(2), 2–7. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v5i2.1001>
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1997). *Kimia Organik* (3rd ed.). Erlangga.
- Geankoplis, C. J. (1978). *Transport Processes and Unit Operations* (3rd ed.). Prentice-Hall International, Inc.
- Geng, W., Venditti, R. A., Pawlak, J. J., & Chang, H.-M. (2018). Effect of Delignification on Hemicellulose Extraction from Switchgrass, Poplar, and Pine and Its Effect on Enzymatic Convertibility of Cellulose-rich Residues. *BioResources*, 13(3), 4946–4963. <https://doi.org/10.15376/biores.13.3.4946-4963>
- Gibson, L. J. (2012). The hierarchical structure and mechanics of plant materials. *Journal of the Royal Society Interface*, 9(76), 2749–2766. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0341>
- Ginting, S. B., Sari, D. P., Iryani, D. A., Hanif, M., & Wardono, H. (2019). *Sintesis Zeolit Lynde Type-A (LTA) dari Zeolit Alam Lampung (Zal) Menggunakan Metode Step Change Temperature of Hydrothermal dengan Varasi SiO₂/Al₂O₃ Diaplikasikan untuk Dehidrasi Etanol* (Vol. 4, Issue 2655). Universitas Muslim Indonesia.
- Gumbira, S. (1984). *Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi*. Mediatama Sarana Perkasa.
- Gunawan, S. (2012). *MELALUI PEMANFAATAN SELULOSA DAN HEMISELULOSA DALAM*. 1–6.
- Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer* (p. 788). McGraw-Hill, Inc.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (5th ed.). McGraw-Hill, Inc.
- Ofori-Boateng, C., & Lee, K. T. (2013). The Potential of Using Cocoa Pod Husks as Green Solid Base Catalysts for the Transesterification of soybean oil into biodiesel : Effects of Biodiesel on Engine Performance. *Chemical Engineering Journal*, 395–401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2013.01.046>

- Oktavianis, T., & Sofiyanita. (2019). Making Bioethanol from Cocoa Fruit Skin Waste By Hydrlysis Process Using Trichoderma Viride Mold. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 2, 85–79.
- Orchidea, R., Andi, KW., Dedy, RP., Lisa, FS., Khoir, L., Reza, P., dan Cakra, C. (2010). Pengaruh Metode Pretreatment pada Bahan Lignosellulosa terhadap Kualitas Hidrosalat yang Dihasilkan. *Ketahanan Pangan Dan Energi*, E10-7.
- Oyetuji, S., Awolu, & OlugbrngsnOlufemi and Oyeyemi. (2015). *Original Research Article Optimization of Bioethanol Production from Cocoa (Theobroma cacao) Bean Shell*. 4(4), 506–514.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. (2017). *Rencana Umum Energi Nasional*. Sekretariat Kabinet RI.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook. In *Perrys' chemical engineers' handbook* (7th ed.). McGraw Hill Companies Inc. <http://books.google.com/books?id=X1wIW9TrqXMC&pgis=1>
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (1994). Plant design and economic for chemical engineers. In *Seminars for nurse managers* (Vol. 2, Issue 4).
- Pusat Data dan Informasi. (2007). Gambaran Sekilas Industri Kakao. In *Departemen Perindustrian*.
- Rahmanulloh, A. (2019). Indonesia Biofuels Annual Report 2019. *Global Agricultural Information Network (GAIN) Report*, 12.
- Rambat, Aprilita, N. H., & Rusdiarso, B. (2015). Aplikasi Limbah Kulit Buah Kakao sebagai Media Fermentasi Asam Laktat Untuk Bahan Baku Bioplastik. *Jurnal Kimia Kemasan*, 37, 111–122.
- Rodrigues, R. de C. L. B., Rocha, G. J. M., Rodrigues, D., Filho, H. J. I., Felipe, M. das G. A., & Pessoa, A. (2010). Scale-up of Diluted Sulfuric acid Hydrolysis for Producing Sugarcane Bagasse Hemicellulosic hydrolysate (SBHH). *Bioresource Technology*, 101(4), 1247–1253. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.034>
- Samah, O. A., Sias, S., Hua, Y. G., & Hussin, N. N. (2011). *Production of Ethanol from Cocoa Pod Hydrolysate*. 43(2), 87–94.
- Sarwono, R., Triwahyuni, E., Aristiawan, Y., Kurniawan, H. H., & Anindyawati, T. (2014). Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit (TKS) Menjadi Etanol. *Jurnal Selulosa*, 4(01), 1–6. <https://doi.org/10.25269/jsel.v4i01.50>
- Setiawan, A. H. (2013). Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 9–15. [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=PROSES+PEMBUATAN+BIOETANOL++DARI+KULIT+PISANG+KEPOK+++&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=PROSES+PEMBUATAN+BIOETANOL++DARI+KULIT+PISANG+KEPOK+++&btnG=,), di akses tanggal 21

- Setiawan, A. H. (2016). Identifikasi Logam pada Endapan Lindi Hitam Hasil Samping Proses Bioetanol sebagai Salah Satu Konsep dalam Pemurnian Lignin. *Pusat Penelitian Kimia LIPI*, 18(June), 73–78.
- Sherwood, T. K., & Reid, R. C. J. M. P. (1997). *The Properties of Gases and Liquids* (3rd ed.). McGraw-Hill, Inc.
- Siagan, V. J. (2016). *Outlook Kakao*. Pusat Data dan Sistem Informasi, Kementerian Pertanian.
- Siswanto. (2009). *Prarencana Pabrik Bietanol dari Tongkol Jagung*. Universitas Katolik Widya Mandala Madiun.
- Sucihati, Sutikno, & Sartika, D. (2014). Pengaruh Perlakuan Awal Basa Terhadap Komposisi Lignoselulosa Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*, 603–610.
- Sudraja, T. D., Mulyana, N., Retno, T., Muawanah, A., & Aeni, A. U. (2018). Perlakuan Sinar Gamma pada Substrat Jerami Padi dan Kapang *Phanerochaete Chrysosporium* untuk Meningkatkan Delignifikasi Melalui Fermentasi Padat. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 14, 83–98.
- Supriyanto. (2006). *Prospek Pengembangan Industri Bioetanol dari Ubi Kayu*. Pusat Litbang Tanaman Pangan.
- Sutomo, N., Hariyadi, B. W., Ali, M., Pertanian, F., & Merdeka, U. (2017). *Budidaya Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.)*. 1–12.
- Tjitrosoepomo, G. (1988). *Morfologi Tumbuhan*. UGM Press.
- Vasques, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vanderberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Neto, A. G., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological Approaches for Cocoa Waste Management: A review. *Waste Management*, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Winarno. (1984). *Pengantar Teknologi Pangan*. PT Gramedia Pustaka.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill, Inc.

