



## Tekno Ekonomi produksi bioetanol dari limbah Teh dengan Metode Sakarifikasi dan Fermentasi

### *Techno-Economics of Bioethanol Production from Tea Waste Using Saccharification and Fermentation Methods*

Nazmah Sefriani Dewi

Program Studi Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Jalan Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, 40154

**Abstract** – *Techno economics is an approach to designing and simulating processes, based on empirical data, to estimate capital costs, operating costs and profits achieved. The tea waste bioethanol production project has a great opportunity to become a profitable project because it uses waste as raw material for making this alternative energy. The aim of this research is to analyze the techno-economics of the bioethanol production process from tea waste. The methods used in production are the saccharification and fermentation methods. Economic analysis is carried out by collecting production cost data from the Alibaba.com website, then the data is calculated using mathematical formulas using Microsoft Excel. The results of the techno-economic analysis show that the bioethanol production project from tea waste is feasible. The payback point occurs in the 3rd year of production with a value of 22.9352% and continues to increase. to reach 161.6870133% in the 20th year..*

**Keywords** – *techno-ekonomi; bioethanol; tea waste*

**Abstrak** – *Tekno ekonomi merupakan pendekatan untuk melakukan desain dan simulasi proses, berdasarkan data empiris, untuk memperkirakan biaya modal, biaya operasi, serta keuntungan yang tercapai. Proyek produksi bioetanol limbah teh memiliki peluang yang besar untuk menjadi proyek yang menguntungkan karena memanfaatkan limbah sebagai bahan baku pembuatan energi alternatif ini. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis tekno ekonomi untuk proses produksi bioetanol dari limbah teh. Metode yang digunakan dalam produksi yaitu metode sakarifikasi dan fermentasi. Analisis ekonomi dilakukan dengan cara mengumpulkan data biaya produksi dari web Alibaba.com, kemudian data tersebut dihitung dengan rumus matematis menggunakan Microsoft Excel. Hasil dari analisis tekno ekonomi didapatkan bahwa proyek produksi bioetanol dari limbah teh layak untuk dijalankan. Payback point*

*terjadi pada tahun ke-3 produksi dengan nilai menjadi 22.9352% dan terus meningkat. hingga mencapai 161.6870133% pada tahun ke-20.*

**Kata kunci** – *tekno ekonomi; bioetanol; limbah teh*

#### I. PENDAHULUAN

Total konsumsi energi di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun seiring meningkatnya angka kelahiran, urbanisasi, dan industri. Meningkatnya kebutuhan energi ini dapat menyebabkan semakin menipisnya persediaan sumber energi di Indonesia. Baik pemerintah maupun masyarakat telah melakukan berbagai upaya untuk dapat mengurangi penggunaan energi yang berasal dari minyak bumi ataupun batubara dengan cara membuat energi alternatif. Energi alternatif adalah energi yang didapat dari sumber selain sumber energi yang tidak dapat diperbaharui [1]. Salah satu jenis energi alternatif adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan salah satu bioenergi yang mengandung etanol hasil dari proses fermentasi biomassa yang mengandung pati, gula, dan tanaman berselulosa [2]. Bioetanol merupakan biofuel alternatif yang dapat menurunkan produksi secara signifikan penggunaan bahan bakar minyak bumi pada sektor transportasi [3]. Salah satu bahan baku bioetanol yang paling menjanjikan karena banyak tersedia di alam yaitu lignoselulosa. Lignoselulosa tidak dapat dikonsumsi dalam makanan dan lebih rendah emisi gas rumah kaca jika digunakan dalam produksi bioetanol [4].

Kandungan lignoselulosa dalam limbah teh mempunyai potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembentukan bioetanol [5]. Potensi limbah pada proses pengolahan teh khususnya pada pengolahan teh hijau terdapat pada beberapa sektor, yaitu limbah kebun, limbah rotary panner, limbah olimesin, dan limbah sortasi. Bahan baku briket di penelitian ini diambil dari proses pelayuan pada mesin rotary panner. Pembuatan bioetanol dari limbah teh ini merupakan alternatif untuk pemanfaatan energi minyak yang sangat tinggi. Pemanfaatan limbah teh sebagai bioetanol juga diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dari

\*) Corresponding author (Nazmah Sefriani Dewi)  
Email: nazmahs8@gmail.com



limbah pertanian yang di Indonesia didapatkan secara melimpah.

Tekno ekonomi merupakan pendekatan untuk melakukan desain dan simulasi proses, berdasarkan data empiris, untuk memperkirakan biaya modal, biaya operasi, serta keuntungan yang tercapai [6]. Secara ekonomi, pembuatan bioetanol dengan memanfaatkan limbah teh bisa menjadi bisnis yang sangat menguntungkan dan lebih ramah lingkungan. Kebutuhan bioetanol negara luar pun menjadi salah satu peluang untuk perluasan bisnis dengan cara ekspor. Untuk itu, perlu dilakukan suatu analisis tekno ekonomi untuk proses produksi bioetanol dari limbah teh, agar bioetanol layak menjadi energi alternatif untuk seluruh masyarakat.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Sintesis bioetanol dari limbah teh

Proses pembuatan bioetanol dari ampas teh terdiri dari tiga tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap sakarifikasi dan fermentasi, serta tahap pemurnian bioetanol yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tahap persiapan bahan baku, terjadi proses pemecahan pelindung lignin, mengubah struktur lignoselulosa sehingga selulosa dan hemiselulosa mudah dihidrolisis. Proses ini memanfaatkan larutan NaOH untuk memecah dan memperkecil ukuran teh, serta untuk mendegradasi lignin [7].

Pada tahap sakarifikasi dan fermentasi yang berlangsung pada reaktor yang sama selama 72 jam, dimana terjadi konversi selulosa menjadi etanol dengan bantuan enzim selulase, enzim hemiselulase, dan *Saccharomyces cereviceae*.

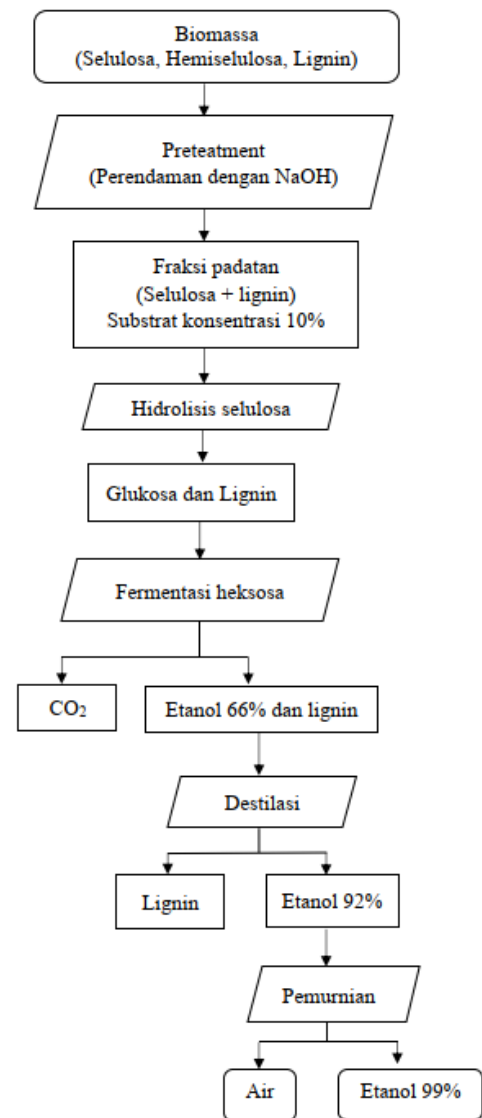
Tahap selanjutnya yaitu pemurnian etanol. Pemurnian etanol dilakukan dengan proses destilasi. Destilasi pertama berlangsung hingga kadar etanol mencapai 66%. Tahap destilasi ke dua diharapkan mencapai kadar etanol murni 92%. Selanjutnya dilakukan pemurnian kembali menggunakan membran pervaporasi untuk mendapatkan etanol fuel-grade dengan kemurnian 99% [8].

#### B. Analisis ekonomi

Metode analisis tekno ekonomi digunakan untuk mengevaluasi pembuatan bioetanol. Metode ini dilakukan dari sudut pandang teknik dengan melakukan simulasi proses produksi dalam skala besar menggunakan peralatan dan bahan baku yang tersedia secara komersial. Proses ini kemudian disimulasikan dengan keseimbangan energi selama proses produksi. Selain itu, dipertimbangkan juga penggunaan bahan baku dan peralatan untuk menunjang dan meminimalkan biaya investasi [9].

Evaluasi data dilakukan dari sudut pandang ekonomi, yang mencakup semua spesifikasi peralatan, biaya peralatan, harga bahan baku, dan sistem utilitas. Informasi tersebut dikumpulkan dari tool web seperti Alibaba.com. Kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan perhitungan matematis sederhana pada

aplikasi Microsoft excel. Evaluasi ekonomi dihitung menggunakan beberapa parameter kelayakan ekonomi [10]. Parameter-parameter evaluasi akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut:



Gambar 1. Proses sintesis bioetanol

- *Gross Profit Margin* (GPM) merupakan rasio laba kotor terhadap penjualan yang mampu mengukur efisiensi produksi dan penentuan harga jual [11].
- *Cumulative Net Present Value* (CNVP) adalah nilai yang nilai yang memperkirakan kondisi proyek sebagai fungsi produksi dalam beberapa tahun. CNPV dihitung dengan menjumlahkan *Net Present Value* (NPV) pada waktu tertentu sejak dimulainya proyek. CNPV adalah nilai yang menyatakan pengeluaran dan pendapatan bisnis. CNPV sendiri dapat dihitung dengan mengalikan arus kas dengan faktor diskon [12].
- *Indeks Profitabilitas* (PI) mengidentifikasi hubungan antara biaya investasi proyek dan dampaknya terhadap kelangsungan usaha atau profitabilitas. PI dihitung dengan membagi CNPV dengan total biaya



investasi (TIC). Jika nilainya lebih besar dari 1, maka proyek investasi tersebut dianggap layak, dan sebaliknya jika nilainya kurang dari 1, maka proyek tersebut tidak dianggap layak. Jika suatu proyek net present value-nya positif, maka profitability index-nya positif [13]

- *Break Even Point* (BEP) adalah jumlah produk minimum yang harus dijual dengan harga tertentu untuk menutupi total biaya produksi. BEP dapat dihitung dengan cara menghitung nilai fixed cost dibagi dengan (total harga penjualan kurang total variable cost) [12].
- *Payback Period* (PBP) merupakan suatu metode untuk melakukan investasi berapa lama (jangka waktu) hasil dari investasi berupa initial investment tersebut bisa diterima kembali. Metode payback juga merupakan rasio antara initial investment dengan net cash inflow. Net cash inflow atau arus kas operasional adalah laba bersih ditambah dengan nilai depresiasi tahun pertama. Jadi metode Payback Period, mengukur kecepatan suatu investasi hasilnya bisa kembali [14].

Untuk menganalisis perspektif ekonomi dalam penelitian ini, dibuat beberapa asumsi:

- Semua analisis dalam USD. 1 USD = Rp 15.000,00.
- Proyek tidak didukung oleh bak peminjaman.
- Semua harga bahan baku didasarkan pada toko online (Alibaba.com). Ampas teh yang digunakan merupakan limbah sehingga tidak diberi harga. Enzim selulase, enzim hemiselulase, bakteri *Saccharomyces cereviceae*, NaOH, dan HCl masing-masing dihargai 0.215 USD/kg, 0.35 USD/kg, 0.3 USD/kg, 0.169 USD/kg, dan 0.25 USD/kg.
- Sumber air tidak dihitung karena pabrik dibangun dekat sungai.
- Perkiraan produksi bioetanol menghasilkan 13.333,33 kg/jam
- Bioetanol terjual dengan target 13000 kg/hari dengan harga 2 USD/kg.
- Satu tahun produksi adalah 350 hari dengan 2 shift kerja perharinya.
- Tarif diskon dan tariff pajak penghasilan pertahun masing-masing sebesar 15% dan 10% per tahun.
- Durasi pengoperasian proyek adalah 20 tahun.

Evaluasi ekonomi dilakukan untuk uji kelayakan proyek. Evaluasi ekonomi juga dilakukan dengan memvariasikan nilai pajak dan penjualan. Variasi pajak dilakukan sebesar 10, 25, 50, 75, dan 100%, sedangkan variasi penjualan dilakukan sebesar 25, 0, 75, dan 100%.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perspektif teknik

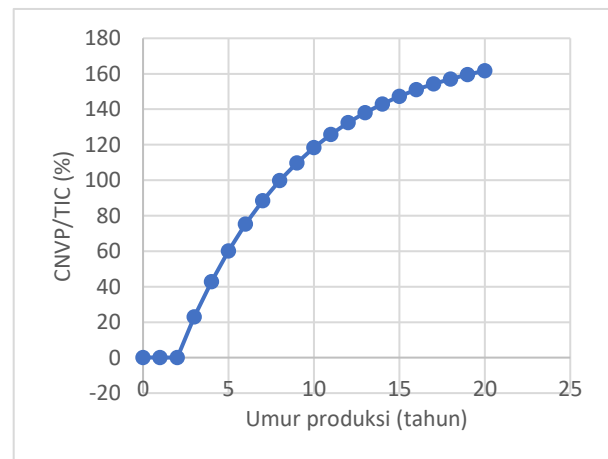
Produksi bioetanol dari ampas teh dengan metode sakarifikasi dan fermentasi dalam skala industri dapat diperoleh secara komersial dan ekonomis. Dengan dilakukan produksi selama 24 jam, dihasilkan bioetanol sebanyak 13.333,33 kg/jam atau total produksi selama setahun dihasilkan 112.000 ton. Total modal yang

dibutuhkan untuk produksi setahun 147.737.992,92 USD dengan penjualan tahunan sebesar 224.000.000 USD sehingga menghasilkan keuntungan sebesar 76.262.007,08 USD per tahun. Keuntungan ini akan terlihat dalam evaluasi ekonomi dengan nilai proyek akan terlihat sama selama 20 tahun.

#### B. Evaluasi ekonomi

##### *Kondisi ideal*

Kondisi ideal ditunjukkan dengan analisis hubungan antara CNVP/TIC dengan umur (tahun). CNVP/TIC berada pada sumbu Y dan masa produksi (tahun) berada pada sumbu x. Pada tahun pertama hingga tahun ke dua, terdapat angka CNVP/TIC negatif yang kurang dari nol. Hal ini menunjukkan bahwa akibat biaya awal produksi bioetanol, terjadi penurunan pendapatan pada tahun tersebut. Nilai CNVP/TIC terendah adalah -0.00974648 pada tahun ke dua. Namun pada tahun ke tiga nilainya meningkat menjadi 22.9352. Titik ini disebut dengan payback point. Laba dapat menutupi biaya awal terus meningkat hingga mencapai 161.6870133 pada tahun ke-20. Kenaikan laba dapat dilihat pada Gambar 2.



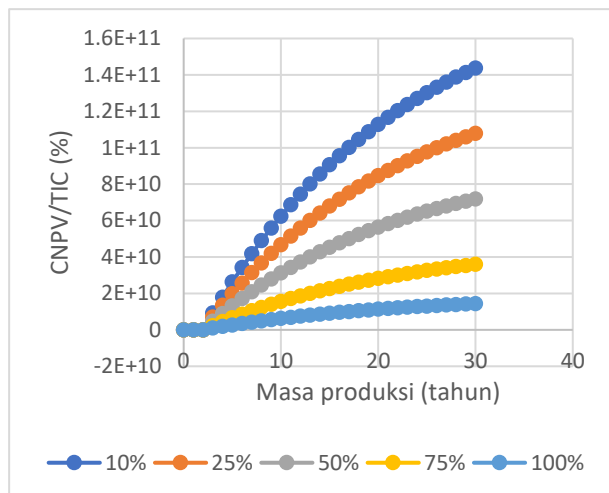
**Gambar 2.** Grafik CNVP/TIC selama masa produksi bioetanol

##### *Pengaruh kondisi eksternal*

Kondisi eksternal evaluasi ekonomi mempengaruhi keberhasilan suatu proyek. Faktor eksternal yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proyek adalah kondisi perekonomian negara dimana proyek tersebut didirikan. Faktor-faktor tersebut, seperti pajak yang dikenakan pada proyek-proyek yang dilakukan negara untuk membiayai belanja publik. Pada Gambar 3 menunjukkan grafik CNVP/TIC dengan berbagai variasi pajak yaitu 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% selama 20 tahun. Sumbu y adalah CNVP/TIC dan sumbu x adalah masa produksi (tahun). Pada tahun pertama hingga tahun kedua, proyek CNVP menunjukkan hasil negatif dalam berbagai variasi pajak. Namun pada tahun ketiga hingga tahun ke-20, hasilnya mulai positif. Dari hasil variasi ini, dapat disimpulkan bahwa semakin rendah pajak yang diberikan maka semakin tinggi keuntungan yang



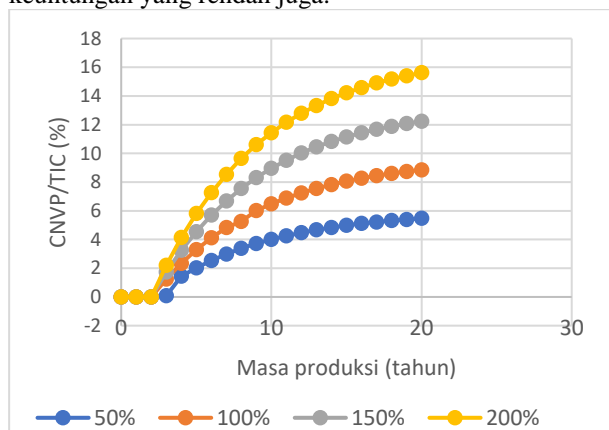
diperoleh, dan semakin tinggi pajak yang diberikan maka semakin rendah keuntungan yang diperoleh.



**Gambar 3.** Grafik CNVP/TIC selama produksi bioetanol untuk variasi pajak

#### Variasi penjualan

Keuntungan dari penjualan produk bioetanol dari ampas yang dijual dengan harga 2 USD/kg memberikan keuntungan yang cukup besar. Namun, kondisi harga kebutuhan dapat mengalami kenaikan ataupun penurunan. Analisis selanjutnya dilakukan untuk melihat pengaruh variasi penjualan terhadap keuntungan dengan cara menaikkan dan menurunkan 50% hingga 100% dari harga jual bioetanol. Pada tahap awal yaitu tahun pertama dan tahun kedua, proyek masih bernilai negatif karena masih pada tahap pengembangan. Pada tahun ketiga hingga tahun ke-20, keuntungan proyek mulai terlihat yang ditunjukkan dengan nilai positif dan kenaikan pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai penjualan yang lebih tinggi menunjukkan keuntungan yang lebih besar, sedangkan nilai penjualan yang rendah menunjukkan keuntungan yang rendah juga.



**Gambar 4.** Grafik CNVP/TIC selama produksi bioetanol pada variasi penjualan

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, proyek produksi bioetanol dari ampas teh menggunakan metode sakarifikasi dan

fermentasi menunjukkan proyek yang prospektif dari segi teknik dan ekonomi. Analisis PBP menunjukkan bahwa proyek tersebut mampu bersaing dengan pasar standar karena pengembalian investasi menguntungkan dalam waktu singkat, setelah sekitar tiga tahun. Dari hasil analisis evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pradana, W., Sita, K., & Harianto, S. (2022). Analisis Mutu dan Ekonomi Biobriket Limbah Teh Sebagai Energi Alternatif pada Industri.
- [2] Loupatty, V. D. (2014). Pemanfaatan Bioetanol sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah. *Majalah Biam*, 10(2), 50–59.
- [3] Debnath, B., Haldar, D., & Purkait, M. K. (2021). Potential and sustainable utilization of tea waste: A review on present status and future trends. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 106179. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106179>
- [4] Morales, M., Arvesen, A., & Cherubini, F. (2021). Integrated process simulation for bioethanol production: Effects of varying lignocellulosic feedstocks on technical performance. *Bioresource Technology*, 328, 124833. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124833>
- [5] Afdhol, M. K., Zulaika, H. Z., & Siregar, C. P. (2019). Production of Bioethanol from Spent Tea and Potential Used in Petroleum Region. *Journal of Earth Energy Engineering*, 8(1), 21–26.
- [6] Scown, C. D., Baral, N. R., Yang, M., Vora, N., & Huntington, T. (2021). Technoeconomic analysis for biofuels and bioproducts. *Current Opinion in Biotechnology*, 67, 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.01.002>
- [7] Dahnum, D., Tasum, S. O., Triwahyuni, E., Nurdin, M., & Abimanyu, H. (2015). Comparison of SHF and SSF processes using enzyme and dry yeast for optimization of bioethanol production from empty fruit bunch. *Energy Procedia*, 68, 107–116.
- [8] Mappamadeng, A. H. (2022). DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN BIOETANOL DARI TANDAN KOSOSNG KELAPA SAWIT DENGAN PROSES SSF (SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND FERMENTATION) KAPASITAS 112.000 TON/TAHUN. Universitas Diponegoro.
- [9] Sabrina Kurniadianti, Y., Zahra Ziva, A., Kartika Suryana, Y., Ragadhita, R., Bayu Dani Nandiyanto, A., & Kurniawan, T. (2021). Computation in the Analysis of Techno-Economic of the Production of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aluminum Oxide) Nanoparticles through Precipitation Method. *International Journal of Informatics, Information System and Computer Engineering (INJIISCOM)*, 2(1), 65–76. <https://doi.org/10.34010/injiiscom.v2i1.5415>



- [10] Ragadhita, R., Nandiyanto, A. B. D., Maulana, A. C., Oktiani, R., Sukmafitri, A., Machmud, A., & Surachman, E. (2019). Techno-economic analysis for the production of titanium dioxide nanoparticle produced by liquid-phase synthesis method. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(3), 1639–1652.
- [11] Prastowo, D. (2011). Analisis Laporan Keuangan, Edisi Ketiga. UPP STIM YKPN, Yogyakarta. Musthafa, H., & SE, M. M. (2017). Manajemen keuangan. Penerbit Andi.
- [12] Nandiyanto, A. B., & Putri, D. B. D. A. (2019). Evaluasi Ekonomi dari Produksi Nanopartikel Magnesium Oksida melalui Metode sol-gel Combustion. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 4(2), 159. <https://doi.org/10.30998/string.v4i2.5216>
- [13] Christi, T. (2018). Analisis Penganggaran Modal Terhadap Kelayakan Investasi Perluasan Usaha pada PT Donindo Cemerlang/Tania Christi/22140167/Pembimbing: Said Kelana Asnawi.
- [14] Musthafa, H., & SE, M. M. (2017). *Manajemen keuangan*. Penerbit Andi.