

**ANALISIS EKONOMI PRA-RANCANGAN PABRIK BIO-OIL DARI
TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PROSES PIROLISIS CEPAT**

Riny Yolanda Parapat, Silvi Noviyana Rosa, Vibianti Dwi Pratiwi, Ronny Kurniawan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: rinyyolanda@itenas.ac.id, silviroso18@gmail.com, vibiantidwi@itenas.ac.id,
ronny_k@itenas.ac.id

Abstrak

Bio-oil diproduksi menggunakan proses pirolisis cepat pada temperatur 500 °C dengan perolehan (Yield) sebesar 75%. Bahan baku utama yang dipilih merupakan tongkol jagung karena kandungan selulosanya dapat dikonversikan melalui reaksi pirolisis katalitik menjadi bahan bakar, sekaligus memanfaatkan tongkol jagung yang pada umumnya tidak bernilai lebih. Bahan baku pendukung dalam pembuatan bio-oil ini meliputi katalis CoO, Nitrogen, dan K₂CO₃. Kapasitas produksi bio-oil pabrik ini sebesar 25.500 ton/tahun. Target pasar produk bio-oil yaitu industri minyak dan gas yang akan dipasarkan dengan harga USD 689,65/ton, sehingga nilai Gross Profit Margin (GPM) mencapai USD 31.437.807 USD/tahun. Dalam pra rancangan ini, pabrik akan didirikan pada tahun 2026.

Kata Kunci: Pirolisis katalitik, tongkol jagung, evaluasi ekonomi, perancangan pabrik.

Abstract

Bio-oil is produced using a fast pyrolysis process at a temperature of 500 °C with a Yield of 75%. The main raw material chosen is corn cobs because the cellulose content can be converted through a catalytic pyrolysis reaction into fuel, while at the same time utilizing corn cobs which are generally not worth more. Supporting raw materials in the manufacture of bio-oil include catalysts CoO, Nitrogen, and K₂CO₃. The plant's bio-oil production capacity is 25,500 tons/year. The target market for bio-oil products is the oil and gas industry which will be marketed at a price of USD 689.65/ton, so that the Gross Profit Margin (GPM) value reaches USD 31,437,807 USD/year. In this pre-plan, the plant will be established in 2026.

Keywords: Catalytic pyrolysis, corncob, economic evaluation, plant design.

PENDAHULUAN

Menurut data statistik Indonesia tahun 2022 Indonesia memproduksi jagung per tahun sekitar 22 juta ton, dimana 30% dari produksi tersebut merupakan tongkol jagung. Tongkol jagung yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap, bahan bakar pada tungku produksi dan bahan baku pada pembuatan kertas (Hatibie et al., 2022; Lovihan and Iskandar, 2019). Selain itu, tongkol jagung juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan bahan bakar cair yaitu bio-oil, bio-oil merupakan hasil konversi termokimia, berwujud cair berwarna gelap beraroma seperti asap yang diproduksi dengan melakukan perengkahan termal, metode pengembangan

bio-oil sangat efektif digunakan sebagai substitusi solar dan dapat menggantikan posisi bahan bakar hidrokarbon dalam industri bahkan lebih baik kualitasnya yang tidak mengandung oksigen menyebabkan nilai bakar tinggi dan viskositas yang rendah (Yang et al., 2013). Pendirian pabrik bio-oil dapat memenuhi permintaan masyarakat Indonesia terhadap solar yang mana dapat menambah pendapatan negara, juga dapat menambah lapangan pekerjaan (PARANDUK, 2022). Prediksi produksi solar pada tahun 2026 yaitu 21.103.681,10 ton/tahun dimana impor solar ini mengalami kenaikan. Kenaikan produksi solar ini menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar jenis bio-oil mengalami peningkatan (KAMILAH et al., 2022). Pada proses pembuatan bio-oil ini dipilih menggunakan proses pirolisis cepat karena menghasilkan produk dengan temperatur yang tinggi lebih banyak menghasilkan produk sebesar 75%.

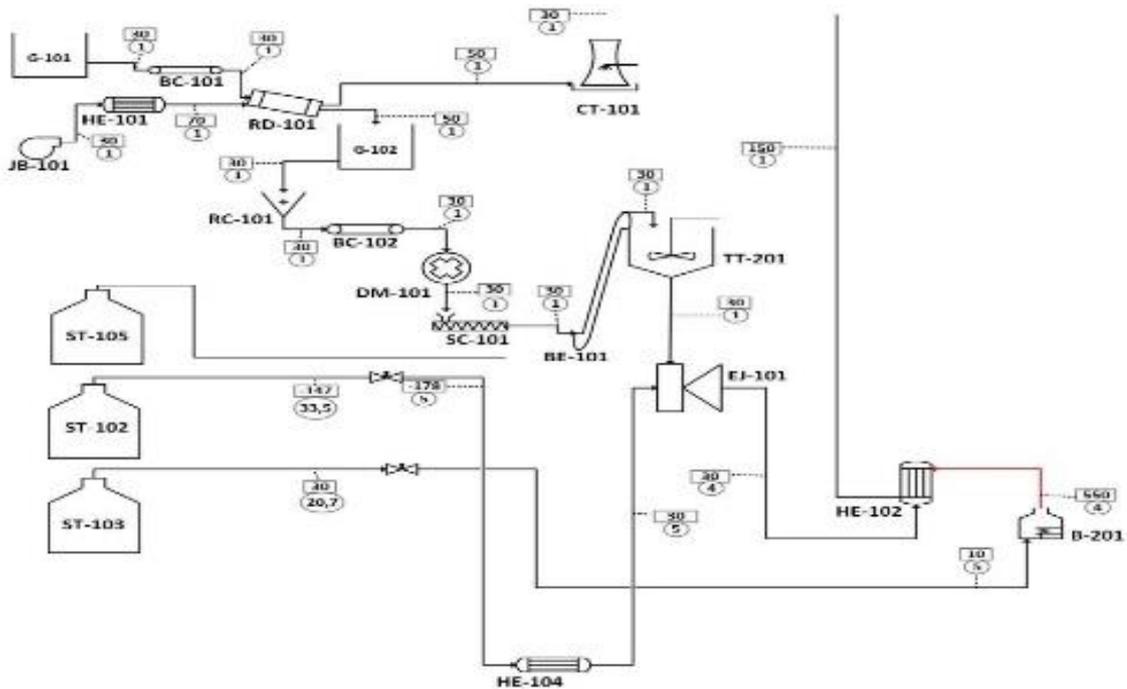
Dari hasil di atas, maka pabrik ini akan memproduksi 0,5% dari kebutuhan bio-oil pada tahun 2026 yaitu = 5.041.875 ton/tahun. Target pasar produk Bio oil yaitu industri minyak dan gas yang akan dipasarkan dengan harga USD 689,6. Dengan rancangan kapasitas pabrik sebesar 25.500 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan solar di dalam negeri dan juga dapat mengurangi impor bahan bakar solar untuk kedepannya.

METODE PENELITIAN

Proses pembuatan bio-oil pada pabrik ini dilakukan dengan cara pirolisis cepat dengan kapasitas produksi 25.500 ton/tahun dimana bahan utama yang digunakan untuk menghasilkan bio-oil adalah tongkol jagung. Selain itu, terdapat juga bahan pendukung yaitu nitrogen, katalis CoO dan larutan K_2CO_3 . Dengan proses pirolisis cepat ini nantinya akan dihasilkan bio-oil sebagai produk utama dan terdapat juga produk samping yaitu arang (bio char) dan CO_2 . Proses Flow Diagram (PFD) merupakan proses pembuatan bio-oil dengan proses pirolisis cepat disajikan pada Gambar 1 sampai 3. Proses pembuatan bio-oil dari tongkol jagung dengan pirolisis cepat terdiri dari tiga proses utama.

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan bio-oil dimulai dari pengumpulan bahan baku yang digunakan yaitu tongkol jagung, bahan baku didapatkan dari pabrik-pabrik gula sekitaran Jawa Timur dan Jawa Tengah. Selanjutnya tongkol jagung ini akan masuk ke dalam tahapan pemotongan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan menggunakan rotary cutter (RC-101) dan disk mill (DM-101) untuk memperkecil ukuran partikel hingga 20-25 mesh dengan tujuan memperluas permukaan sehingga dapat mempercepat proses pirolisis yang dilakukan nantinya.

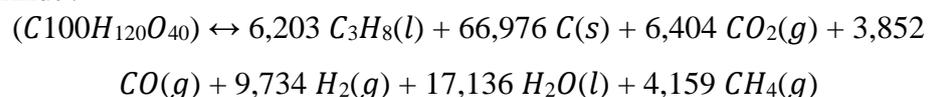


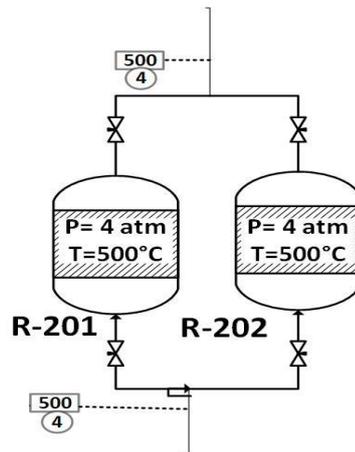
Gambar 1. PFD Persiapan Bahan Baku

Kemudian sebelum diumpankan kedalam reaktor tongkol jagung ini dilakukan pengeringan menggunakan rotary dryer (RD-101) pada suhu 50°C selama 8 jam untuk menurunkan kadar air di dalam tongkol jagung hingga 5%. Selanjutnya tongkol jagung yang sudah kering ini akan diumpankan ke dalam reaktor Circulating Fluidized Bed (R-201) dari bagian samping reaktor. Selanjutnya, nitrogen akan diumpankan ke dalam reaktor yang berfungsi sebagai fluidisasi dan pengikat oksigen. Temperatur yang digunakan dalam reaktor adalah 500°C.

2. Proses Pirolisis Cepat

Proses utama dari pembuatan bio-oil dari tongkol jagung adalah proses pirolisis cepat, pirolisis cepat dipilih karena perolehan bio-oil yang lebih banyak. Pada proses pirolisis cepat ini suhu yang digunakan sebesar 500°C dan gas nitrogen digunakan sebagai gas fluidisasi di dalam reaktor (Cahyono, 2013). Untuk menaikkan tekanan gas nitrogen yang masuk kedalam reaktor digunakan kompresor gas (Ramdhani et al., 2015). Selanjutnya, reaktor (R-201) akan dipanaskan melalui jaket reaktor menggunakan campuran LPG dan resirkulasi NCG (Non Condensable Gas) sebagai bahan bakarnya. Keluaran dari reaktor (R-201) akan berupa gas yang juga membawa char (padatan halus), sehingga gas dialirkan terlebih dahulu kedalam siklon untuk memisahkan antara gas dan char. Char dari siklon 1 (F-201) akan disirkulasi masuk ke dalam reaktor untuk meningkatkan yield bio-oil yang dihasilkan, sedangkan char yang berhasil tersaring pada siklon 2 (F-202) akan masuk ke dalam penampungan char. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut :



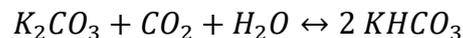


Gambar 2. PFD Proses Pirolisis

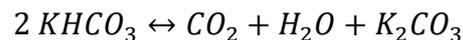
3. Tahap Pemurnian

Tahap terakhir dari pembuatan bio-oil adalah tahap pemurnian. Produk gas yang telah dipisahkan dengan char pada siklon, selanjutnya akan dikondensasikan dalam kondensor (KN-101) untuk merubah fasanya dari gas menjadi cair. Selanjutnya, cairan ini akan dialirkan menuju knock out drum (D-201) untuk dilakukan pemisahan antara gas yang terkondensasikan dan cairan yang terbentuk, serta efisiensi pemisahan sebesar 99%. Cairan yang terkondensasi itulah yang disebut sebagai biooil. Gas yang tidak terkondensasi akan dialirkan ke dalam kolom absorber (AD-201) dan kolom stripper (S-201) untuk memisahkan gas CO₂ yang terkandung di dalamnya dengan absorbent berupa larutan benfield (K₂CO₃) dengan temperatur masuk absorber 40°C. Berikut ini merupakan reaksi yang terjadi didalam kolom absorpsi (pengikatan gas CO₂) dilanjutkan dengan pemisahan di dalam stripper:

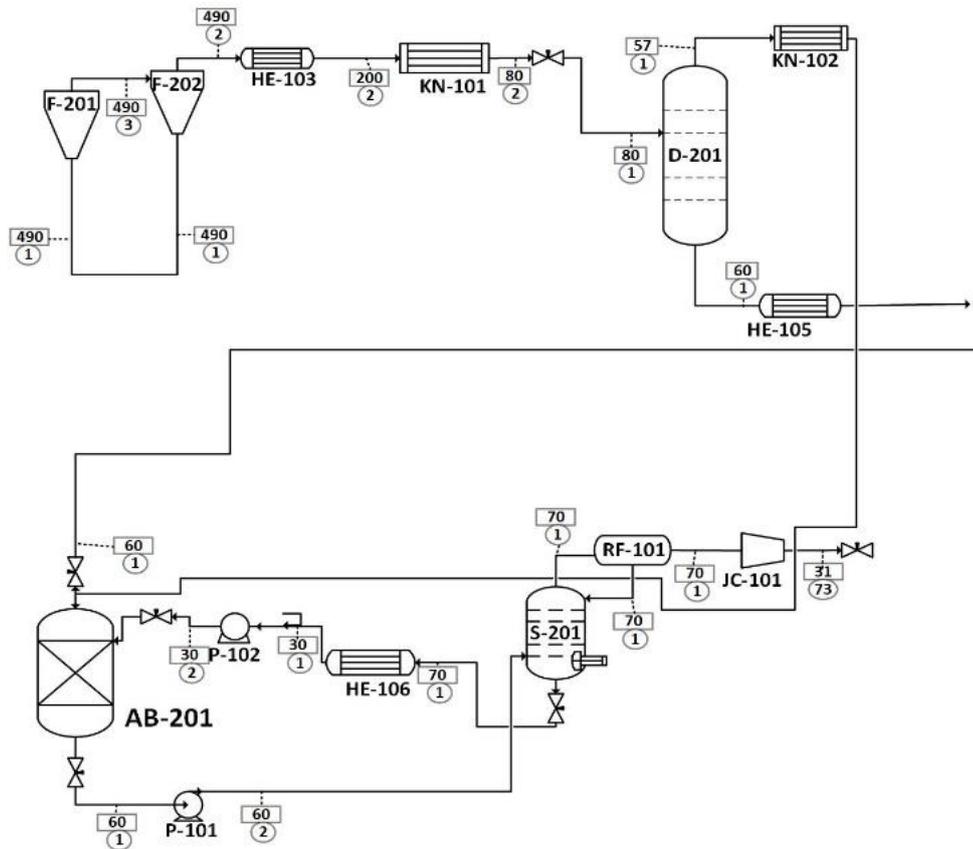
- 1) Reaksi Pengikatan CO₂



- 2) Reaksi Pelepasan CO₂



Setelah CO₂ dipisahkan dari gas yang tak terkondensasi ini, gas selanjutnya akan dialirkan ke dalam combuster sebagai bahan bakar tambahan untuk mengurangi penggunaan gas alam, sehingga dapat menghemat biaya produksi. Bio-oil yang telah didapatkan kemudian ditampung di dalam tangki penyimpanan (Putri et al., 2021).



Gambar 3. PFD Proses Pemurnian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Ekonomi

Kapasitas produksi pada pabrik pembuatan bio-oil ini adalah 25.500 ton/tahun dengan umur pabrik 20 tahun dan waktu operasi selama 330 hari/tahun. Pabrik akan beroperasi pada tahun 2026 (Handayani & Yoshi, 2023). Bahan baku utama yang akan digunakan yaitu tongkol jagung dengan harga US\$ 46,95/ton dan bahan baku penunjang yaitu berupa katalis CoO dengan harga US\$ 899,62/ton, K₂CO₃ dengan harga US\$ 999,58/ton dan nitrogen dengan harga US\$ 1.073,11/ton. Adapun produk utama dari pabrik ini yaitu berupa bio-oil dengan harga jual US\$ 695,94/ton dan karbon dioksida (CO₂) dengan harga jual US\$ 2,373,04/ton. CEPCI pada tahun 1989 adalah 320 dan CEPCI pada tahun 2021 adalah 761,5. Total harga alat (Purchased Equipment) yang tersaji pada Tabel 1. adalah sebesar US\$ 7.425.329.

Tabel 1. Daftar Alat Berdasarkan Fungsinya

Function	Code	Equipment	Cost (\$)	Total (\$)
Feedstock	G-101	Gudang Bahan Baku I	98.995,00	1.934.196,84
	G-102	Gudang Bahan Baku II	85.073,83	

	JB-101	Blower Udara I	331.787,93	
	BC-101 & BC-102	Belt Conveyor I & II	46.400,79	
	ST-105	Tangki K ₂ CO ₃	462.801,63	
	ST-102	Tangki Nitrogen	425.987,86	
	RD-101	Rotary Dryer	52.256,09	
	RC-101	Rotary Cutter	18.787,55	
	DM-101	Disk Mill	66.264,78	
	SC-101	Screw Conveyor	64.383,66	
	BE-101	Bucket Elevator	160.295,33	
	CT-101	Colling Tower	9.093,67	
	TT-201	Bin Tongkol jagung	10.054,63	
	EJ-101	Ejektor I	55.613,30	
	B-201	Combuster	939.988,48	
Pretreatment	HE-102	Heat Exchanger II	584.070,50	2.047.300,68
	HE-104	Heat Exchanger IV	243.335,72	
	ST-103	Tangki Gas Alam	279.905,98	
Pirolisis	R-201& R-202	Fluidized Bed Reactor I & II	127.470,07	254.940,14
	F-201	Cyclone I	139.211,72	
	F-202	Cyclone II	129.930,94	
Pemurnian	KN-101	Kondensor I	328.539,66	1.040.389,78
	D-201	Kolom Distilasi	30.886,44	
	HE-105	Heat Exchanger V	328.539,66	
	KN-102	Kodensor II	72.390,90	
	D-101	Knock Out Drum	10.890,46	
	JC-102	Kompresor II	204.558,63	
	ST-103	Tangki Gas Alam	69.177,52	
	AB-201	Aborber	59.114,25	
Recovery	HE-102	Heat Exchanger II	584.070,50	1.973.150,08
	RF-101	Reflux Drum	916.920,90	
	S-201	Stripper	44.730,93	
	HE-106	Heat Exchanger VI	43.990,90	
	P-102	Pompa I	23.560,81	
	P-101	Pompa II	27.025,64	
	ST-101	Tangki Bio-Oil	799.854,85	
Produk Storage	TT-202	Bin Char	12.374,38	1.446.885,37
	ST-104	Tangki CO ₂	196.690,69	
	JC-101	Kompresor I	368.787,93	
	EJ-102	Ejektor II	69.177,52	

2. Perhitungan Biaya

Biaya perhitungan biaya-biaya untuk analisis ekonomi dijelaskan pada bagian berikut ini. *Manufacturing cost* merupakan salah satu biaya yang penting dalam perkiraan *capital cost* dalam evaluasi ekonomi industri (Chabibah et al., 2021). *Manufacturing cost* ini dapat memprediksi biaya produksi suatu produk yang diinginkan dan bersamaan dengan *capital cost* juga realisasi penjualan, evaluasi dapat dilakukan terhadap keuntungan dan potensi daya tarik dari produk. Terdapat metode untuk menentukan *manufacturing cost*, yaitu menggunakan *Chart Method*, *Table Method*, dan *Factoring Component Method*. Pabrik ini menggunakan metode *Factoring Component* dimana terdapat dua komponen, yaitu *Variable or Controllable Cost* dan *Fixed Cost*.

Tabel 2. Manufacturing Cost: Raw Material

Bahan Baku	Kebutuhan (ton/tahun)	Harga/unit (/ton)	Cost (/tahun)
Tongkol jagung	45.156,34	\$ 46,95	\$ 2.120.032,11
Nitrogen	4.515,63	\$ 751,2	\$ 3.392.048,37
Katalis CoO	451,560	\$ 50	\$ 22.568,53
K ₂ CO ₃	5,83	\$ 999,58	\$ 5.827,56
Total Raw Material			\$ 5.540.476,57

Tabel 3. Manufacturing Cost: Utilities

Utilitas	Kebutuhan	Harga Satuan	Cost (/tahun)
Listrik	14.873,22 kWh	\$ 0,08/kWh	\$ 826.794,86
Steam	1,67 MMBTU/hari	\$ 12/MMBTU	\$ 13.594,65
Fire Water	12,32 mGal/hari	\$ 0,2/mGal	\$ 176,81
Air Sanitasi	5,24 mGal/hari	\$ 0,2/mGal	\$ 728,75
Cooling Water	1.953,18 mGal/hari	\$ 0,05/mGal	\$ 61.353,32
Total Utilities			\$ 2.813,53

Tabel 4. Total Itemized Cost

Komponen	Cost
Raw Material	\$ 5.540.476,57
Utilities	\$ 901.648,40
Operating Labor	\$ 439.686,98
Itemized Cost	\$ 6.881.811,94

Biaya investasi yang dibutuhkan untuk menghitung menggunakan metode *direct-indirect cost* berdasarkan penentuan faktor pengali terhadap harga total pembelian alat. Daftar komponen dan faktor yang digunakan mengacu pada table 6.2-6.5 pada buku *Chemical Engineering Economics*, Garrett, 1989. Biaya investasi ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Total Plant Cost: Direct and Indirect

Direct Cost		
Item	Description	Cost (\$)
Purchased Equipment	100% Purchased Equipment	7.425.329
Piping	42,5% Purchased Equipment	3.155.765
Electrical	12,5% Purchased Equipment	928.166
Instrumentation	22,5% Purchased Equipment	1.670.699
Utilities	52,5% Purchased Equipment	3.898.298
Foundations	12% Purchased Equipment	891.039
Insulation	5% Purchased Equipment	371.266
Painting, fireproofing, safety	6% Purchased Equipment	445.520
Yard Improvement	10% Purchased Equipment	742.533
Environmental Control	10% Purchased Equipment	742.533
Buildings	52,5% Purchased Equipment	3.898.298
Land	10% Purchased Equipment	742.533
Indirect Cost		
Construction, Engineering	\$	3.898.298
Contractor's Fee	\$	2.041.966
Contingency	\$	3.527.031

Total Plant Cost (TPC)	\$	34.379.274
-------------------------------	-----------	-------------------

Tabel 6. Other Capital Requirement

Other Capital Investment		
Komponen		Cost
Off-site Facilities	\$	1.113.799
Plant Start-up	\$	742.533
Working Capital	\$	1.485.066
Other Capital Requirement (OCR)	\$	3.341.398
Total Cost Investment (TCI)	\$	37.720.672
Plant Cost tanpa Working Capital (TC)	\$	36.235.606

Biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembuatan pabrik ini berdasarkan tabel – table yang disajikan di atas yaitu *Total Plant Cost* (TPC) sebesar US\$ 34.379.274 untuk memproduksi bio-oil sebesar 25.500 ton/tahun. Sedangkan *Total Cost Investment* (TCI) sebesar US\$ 37.720.672 dan *Plant Cost* tanpa *Working Capital* (TC) sebesar US\$ 36.235.606.

Apabila nilai dari IRR lebih besar daripada suku bunga deposito dari bank maka pabrik masih layak untuk didirikan (Rahmadi & Bendatu, 2015). Berdasarkan gambar 2.7 dapat dilihat bahwa perusahaan saat stabil memiliki nilai IRR sebesar 36,63% dimana suku bunga yang digunakan sebesar 6,25% yang diambil dari nilai deposito bank bukopin. Faktor yang paling mempengaruhi yaitu penjualan (*sales*) dan biaya produksi (Vonna & Daud, 2016). Sedangkan yang memiliki pengaruh yang tidak signifikan adalah biaya bahan baku dan utilitas apabila terjadi fluktuasi pada utilitas dan biaya produksi. Apabila terjadi kenaikan pada penjualan sebesar 30% maka keuntungan yang akan didapatkan meningkat sebesar 53,54% dan begitupun sebaliknya (Vonna & Daud, 2016). Sedangkan apabila terjadi penurunan pada biaya produksi sebesar 30% maka keuntungan dapat meningkat hingga 49,39% dan begitupun sebaliknya.

Untuk menghindari kemungkinan kerugian yang terjadi maka dilakukan analisis awal kelayakan proyek (Suwinardi, 2016). Kelayakan proyek ditentukan berdasarkan beberapa metode analisis yakni *Return on Investment* (ROI), *Payback Period* (PP), *Break Even Point* (BEP), *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), dan *Discounted Cash Flow* (DCF).

1. *Return on Investment* (ROI)

Nilai ROI yang semakin besar menunjukkan semakin layak pabrik untuk di bangun. Pabrik dikatakan layak jika $ROI > MARR$. Dengan ROI yang lebih besar dari MARR maka laju pengembalian modal lebih besar dari laju minimumnya, sehingga pabrik lebih cepat mendapatkan pengembalian modal. *Minimum Acceptable Rate of Return* (MARR) Pabrik ini sebesar 14 % (Petters M.S, 1991). Pabrik ini mendapatkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 38,62 % dan ROI setelah pajak sebesar 28,97%.

2. *Break Event Point* (BEP)

Break Event Point merupakan titik dimana kapasitas produksi pabrik ini yang dihasilkan dapat menutupi seluruh biaya produksi tanpa adanya keuntungan maupun kerugian setelah dan sebelum depresiasi. Nilai BEP pada tahun ke-3 sampai dengan tahun ke-20 sebelum depresiasi yaitu 29%, sedangkan setelah depresiasi yaitu 36%.

3. *Payback Period* (PP)

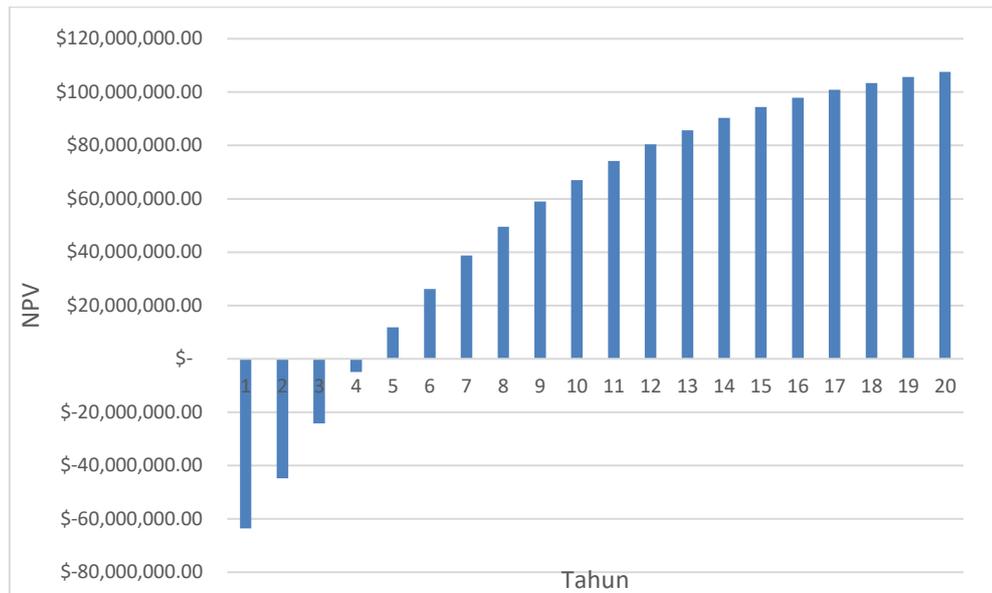
Pabrik dikatakan layak jika $PP < PP\ acceptable$. *PP acceptable* pabrik ini yaitu 2,77 tahun dan untuk PP di tahun ke-20 yaitu 2,77 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melunasi investasi awal lebih cepat dari seharusnya, sehingga pabrik tidak memiliki tunggakan lebih dari waktu seharusnya membayar.

4. Internal Rate of Return (IRR)

Dihitung dengan nominal discount rate (tingkatan suku bunga) pada saat NPV = 0. Pabrik dikatakan layak jika $IRR >$ suku bunga deposito. Pabrik ini memiliki nilai IRR sebesar 36,63% dan suku bunga deposito 6,5%.

5. Net Present Value (NPV)

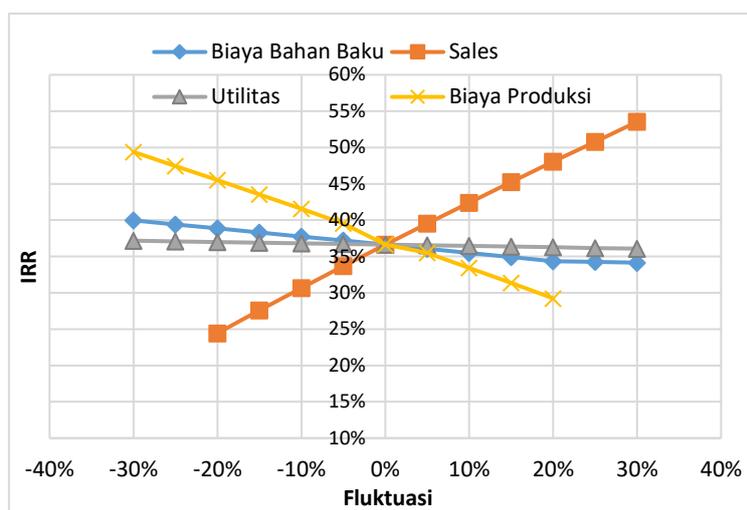
Pabrik dikatakan layak jika $NPV > 0$ diakhir umur proyeknya. Dengan nilai PV 32.865,33 lebih dari 0 maka jika pabrik berhenti berproduksi maka masih mendapatkan keuntungan di akhir umur pabrik (Gambar 4).



Gambar 4 Cumulative NPV Investment

3. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dapat dilihat dari kurva hubungan antara nilai persen fluktuasi dengan nilai NPV yang dinyatakan di dalam kurva laba-laba rugi (*spider curve*). Berdasarkan kurva pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa perusahaan saat stabil memiliki nilai IRR sebesar 36,63% dengan acuan suku bunga sebesar 6,5% yang diambil dari nilai deposito bank. Dari gambar terlihat bahwa faktor penjualan (sales) sangat mempengaruhi keuntungan dari pabrik. Utilitas dan bahan baku juga mengalami perubahan tetapi tidak signifikan jika terjadi fluktuasi pada biaya utilitas maupun bahan baku. Dilihat dari kurva sales yang meningkat drastis maka akan memberikan keuntungan yang besar jika terjadi kenaikan sales. Terlihat juga bahwa biaya produksi jika biaya produksi diperbesar maka akan mengurangi keuntungan. Secara keseluruhan dapat dikatakan pabrik layak dibangun tetapi pabrik ini harus memperhatikan nilai penjualan agar tidak terjadi kerugian karena jika nilai penjualan turun sebesar lebih dari 50% maka akan menyebabkan pabrik mengalami kerugian.



Gambar 5. Spider Curve untuk analisis sensitivitas

KESIMPULAN

Bio-oil yang dihasilkan dalam pra-rancangan pabrik ini merupakan hasil konversi termokimia, seperti perengkahan termal tanpa penambahan spesi lain. Bahan bakar tersebut merupakan bahan bakar terbarukan yang berwujud cair berwarna gelap beraroma seperti asap. Bahan baku utama yang digunakan untuk proses pembuatan bio-oil adalah tongkol jagung yang diperoleh dari limbah berbagai perusahaan yang memproduksi/mengolah jagung di Indonesia. Sedangkan bahan penunjang yang digunakan yaitu katalis CoO. Proses pembuatan bio-oil menggunakan metode pirolisis cepat dengan katalis CoO dimana dalam prosesnya menghasilkan produk utama yaitu bio-oil dan produk samping berupa arang yang diolah menjadi biobriket dan CO₂ (liquid). Hasil analisis ekonomi dari pra-rancangan pabrik pembuatan bio-oil dari tongkol jagung dengan kapasitas produksi 25.500 ton/tahun menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan. Target pasar produk Bio-oil yaitu industri yang membutuhkan energi terbarukan berupa bahan bakar nabati.

BIBLIOGRAFI

- Cahyono, M. S. (2013). Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(2), 67–76.
- Chabibah, R. A., DR, M., Sari, E. K., Habiba, S., & Chumaidi, A. (2021). Analisa Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia Dpr (Disproportionated Rosin) Dengan Kapasitas 2000 Ton/Tahun. *Distilat J. Teknol. Separasi*, 7(2), 436–442.
- Handayani, S., & Yoshi, L. A. (2023). Prarancangan Pabrik Hexamethylenediamine dari Adiponitril dengan Proses Hidrogenasi Kapasitas Produksi 45.000 Ton/Tahun. *Jurnal IPTEK*, 7(1), 47–50.
- KAMILAH, N. U. R. I., Fanani, Z., & Syarif, N. (2022). *PENGARUH KONDISI TEMPERATUR DAN BERAT KATALIS PADA PEMBUATAN BIO-OIL DARI LIMBAH TKKS MENGGUNAKAN KATALIS Ni/ZAA*. Sriwijaya University.
- PARANDUK, E. (2022). *PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIO OIL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MELALUI PROSES PIROLISIS CEPAT*

DENGAN KAPASITAS 43.000 TON/TAHUN. UNIVERSITAS BOSOWA.

- Putri, R. W., Jannah, A. M., Muin, R., & Rahmatullah, R. (2021). Proses katalitik gasifikasi kulit durian (*Durio zibethinus*) untuk produksi synthetic natural gas (SNG). *Jurnal Teknik Kimia*, 27(1), 1–6.
- Rahmadi, E. L., & Bendatu, L. Y. (2015). Studi Kelayakan Pendirian Perusahaan OPP di Kota Sidoarjo. *Jurnal Titra*, 3(2), 123–128.
- Ramdhani, R., Ratna, R., & Wibawa, G. (2015). Desain Pabrik Ethylene dari Gas Alam di Teluk Bintuni Papua Barat. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), B1–B3.
- Suwinardi, S. (2016). Manajemen risiko proyek. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, 12(3).
- Vonna, S. R., & Daud, R. M. (2016). Analisis perilaku sticky cost pada biaya produksi dan non-produksi (Studi empiris pada perusahaan manufaktur yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia periode 2011-2014). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Akuntansi*, 1(1), 120–132.
- Yang, Z., Zhou, Z., & Liu, Y. (2013). From RSSI to CSI: Indoor localization via channel response. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(2), 1–32.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.