



Analysis of Technical and Economic Aspects Utilization of Polypropylene Plastic Waste as an Alternative Fuel

Analisis Aspek Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Sampah Plastik Polypropylene Sebagai Alternatif Bahan Bakar

¹Fadhil Ar Rasyid Sormin, ²Marhama Jelita

^{1,2} Teknik Elektro, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: fadhilrasyid99@gmail.com

Makalah: Diterima 2 December 2022; Diperbaiki 6 January 2023; Disetujui 15 January 2023
Corresponding Author: Fadhil Ar Rasyid

Abstrak

Pekanbaru adalah kota terbesar di Provinsi Riau. Pekanbaru memiliki 3 wilayah zona pengangkutan sampah, yang digabungkan di tempat pembuangan akhir (TPA) Muara Fajar. Sampah di TPA Muara Fajar terdiri dari sampah organik dan anorganik, 35% diantara sampah anorganik adalah sampah plastik jenis polypropylene. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis aspek teknis dan aspek ekonomi pada pemanfaatan limbah sampah plastik sebagai alternatif bahan bakar dengan metode pirolisis menggunakan *software SuperPro Designer*. Hasil penelitian pada aspek teknis potensi minyak pirolisis yang dihasilkan 7,769,183 L/tahun dan 23,574 L/hari, energi listrik yang dihasilkan sebesar 186,331 kWh/hari. Hasil analisis aspek ekonomi pada *net present value* sebesar Rp. 310,503,918,563, untuk *internal rate of return* sebesar 30,24%, dan untuk *payback periode* selama 5 bulan pengembalian modal.

Kata Kunci : NPV, polypropylene, sampah plastik, superpro designer, pirolisis

Abstract

Pekanbaru is the largest city in Riau Province. Pekanbaru has 3 zones of waste transportation, which are combined at the Muara Fajar final disposal site (TPA). The waste at the Muara Fajar TPA consists of organic and inorganic waste, 35% of which is inorganic waste is polypropylene type plastic waste. The purpose of this study was to analyze the technical aspects and economic aspects of the use of plastic waste as an alternative fuel using the pyrolysis method using the *SuperPro Designer* software. The results of the research on the technical aspects of the potential of pyrolysis oil produced are 7,769,183 L/year and 23,574 L/day, the electrical energy produced is 186,331 kWh/day. The results of the analysis of economic aspects on the *net present value* of Rp. 310,503,918,563, for an *internal rate of return* of 30.24%, and for a *payback period* of 5 months the return on investment.

Keyword : NPV, polypropylene, plastic waste, superpro designer, pyrolysis

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jumlah timbunan sampah yang mencapai 27 Juta Ton/Tahun. Sampah tersebut terdiri dari 28% sampah sisa makanan, 12,9% kayu/ranting/daun, 12,1% kertas/karton, 15,9% plastik, 3,6% karet/kulit, 6,5% kain, 6,2% kaca, 6,7% logam 7,7% adalah lainnya. Rata – rata sampah tersebut berasal dari sektor rumah tangga [1]. Seiring bertambahnya penduduk maka jumlah timbunan sampah yang masuk ke TPA akan selalu meningkat [2]. Menurut [3] sampah akan selalu meningkat karena sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih menggunakan metode lama, kumpul – angkut – buang. Sehingga hal ini menyebabkan jumlah timbunan sampah semakin meningkat.

Pekanbaru adalah ibu kota dan kota terbesar di Provinsi Riau. Kota ini juga merupakan salah satu sentra ekonomi terbesar di Pulau Sumatera, dan juga termasuk kota dengan tingkat pertumbuhan, migrasi, dan urbanisasi yang tinggi. Dengan luas 632,3 km² dan jumlah penduduk sebanyak 1,122 Juta Jiwa tercatat pada tahun 2019 [4]. Melihat pertumbuhan penduduk kota Pekanbaru hal ini menyebabkan jumlah sampah yang dihasilkan terus meningkat, sehingga menyebabkan timbunan sampah yang banyak.

Pekanbaru memiliki 3 zona dalam pengangkutan sampah, zona 1 adalah Kecamatan Bina Widya, zona 2 adalah Kecamatan Bukit Raya, dan zona 3 adalah Kecamatan Rumbai [5]. Seluruh sampah ini akan digabungkan di TPA Muara Fajar. Jumlah total sampah pada tahun 2021 tercatat sebanyak 145.468 ton, terdiri dari sampah organik dan anorganik. Sampah organik terdiri dari sampah pasar, sisa olahan tebu, sampah daun-daunan, dan sampah dari rumah tangga. Sampah anorganik terdiri dari sampah plastik, kaca, kaleng dan besi [6] [7].

Sampah yang memiliki jumlah yang cukup banyak setelah sampah pasar dan rumah tangga adalah sampah plastik jenis *polypropylene* [1]. Berdasarkan wawancara dengan ibu Nuriza Wakila selaku salah satu staff bagian bank sampah di Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Pekanbaru sampah plastik ini sudah menjadi masalah tiap tahun yang harus di selesaikan oleh dinas kebersihan Kota Pekanbaru, diperkirakan ada 36.367 ton sampah plastik jenis polypropylene tercatat pada tahun 2021 dan hanya 5% yang berhasil dimanfaatkan. Pada saat ini pemanfaatan yang dilakukan hanya 3R (*Re-use, recycle, dan reduce*) [7]. Pemanfaatan sampah plastik *re-use* yaitu melakukan himbauan kepada masyarakat agar membeli produk isi ulang jika sudah memiliki botol kemasan, *reduce* yaitu menghimbau kepada masyarakat agar lebih menggunakan botol minum dan tempat makan milik pribadi agar mengurangi penggunaan botol plastik kemasan, dan *recycle* yaitu mendaur ulang kembali botol plastik menjadi sesuatu yang bermanfaat seperti pot bunga, kotak tisu, dll serta bisa dijual kembali agar penyebarannya tidak meluas [6].

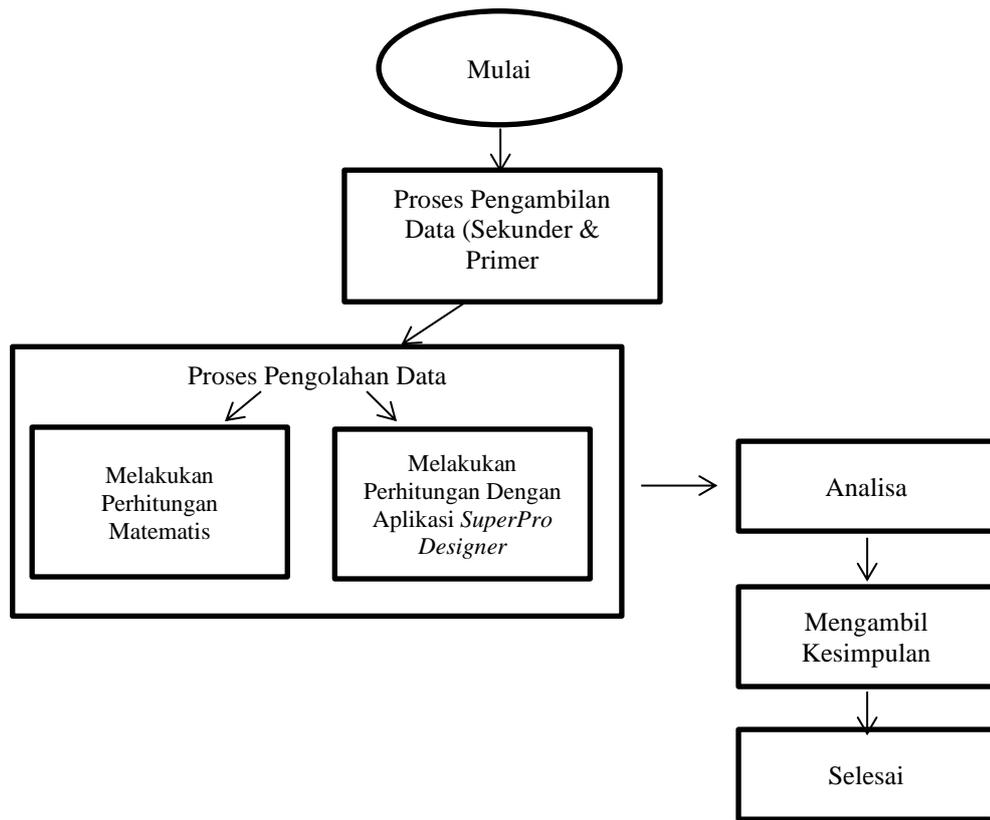
Dari 95% sampah plastik yang tidak terkelola akan memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan. Pihak DLHK Pekanbaru mengatakan bahwa sulit sekali mengatasi permasalahan sampah plastik. Sampah plastik tidak bisa ditimbun karena akan menimbulkan faktor buruk seperti pencemaran lingkungan, buruknya kadar tanah, dan tanah tidak bisa menyerap air dengan sempurna sehingga menimbulkan genangan air [6]. Sampah plastik memiliki zat yang bernama *polychlorinated biphenyl* yang menyebabkan sulitnya terurai walaupun sudah termakan oleh binatang justru hal ini akan merusak ekosistem rantai makanan karena memiliki racun. Sampah plastik juga mempengaruhi kadar kesuburan tanah bagi lingkungan sekitarnya [8].

Berdasarkan permasalahan sampah plastik di TPA Muara Fajar, penelitian ini akan memanfaatkan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak jenis solar. Jenis plastik yang ada di Pekanbaru didominasi oleh jenis *polypropylene* sehingga hal ini bisa dijadikan sumber energi alternatif untuk dijadikan bahan bakar berjenis solar, karena jenis plastik ini memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari solar, dan memiliki waktu proses yang paling cepat diantara jenis plastik lainnya [9]. Pengolahan sampah plastik akan dimanfaatkan sebagai *supply* energi listrik dikantor DLHK dengan menggunakan *generator set*. Sisa hasil minyak yang tidak dipakai akan diperjual belikan nantinya.

Penelitian terkait pemanfaatan sampah plastik sudah banyak dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada penelitian [10] penelitian ini bertujuan memanfaatkan sampah plastik dan di konversi menjadi bahan bakar minyak dan melihat pengaruh waktu, suhu dan densitas dengan metode pirolisis. Penelitian [11] yang bertujuan memanfaatkan sampah plastik kemudian menghitung jumlah investasi awal jika ingin menjadikannya sebuah ide bisnis dengan metode pirolisis . Penelitian [12] adalah penelitian berikutnya yang bertujuan untuk mengetahui kualitas minyak dari segi kimia pada sampah berbahan *polypropylene* setelah diubah menjadi bahan bakar dengan menggunakan metode pirolisis.

Penelitian ini akan melakukan pemanfaatan sampah plastik yang akan dikonversi menjadi bahan bakar minyak. Berdasarkan permasalahan, penelitian ini akan menganalisis aspek teknis dan ekonomi. Aspek teknis yaitu menghitung potensi dari limbah sampah plastik menggunakan metode pirolisis dengan *software SuperPro Designer*, kemudian menghitung potensi energi listrik yang ada. Untuk aspek ekonomi penelitian ini akan menghitung 3 parameter yaitu *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), dan *payback period* (PP). Penelitian terkait sebelumnya belum ada yang meneliti dari sisi ekonomi dan teknis, oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengangkat tema tersebut.

2. METODE



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.1. Pengumpulan Data dan Parameter Proses

2.1.1. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh berasal dari wawancara yang dilakukan bersama pihak DLHK [7] [6]

Tabel 1 Data Sampah Keseluruhan

No.	Tahun	Volume (ton)
1.	2020	273.605
2.	2021	145.468

Tabel 2 Data Sampah Plastik

No.	Tahun	Volume (ton)
1.	2020	68.401
2.	2021	36.367

Tabel 3 Data Beban Harian Kantor DLHK Pekanbaru

No.	Peralatan Listrik	Waktu Aktif (Jam)	Daya (Watt)	Jumlah	Total Energi (kWh)
1.	Lampu LED	8	30	21	5.040
2.	Lampu LED	24	18	10	4.320
3.	Lampu LED	24	100	5	12.000
4.	AC 2 PK	7	1400	5	49.000
5.	Kipas Angin	5	100	5	2.500
6.	Kulkas	24	90	1	2.160
7.	TV	5	70	1	350
8.	Mesin Air	3	120	1	360
9.	Dispenser	8	200	3	4.800
10.	Komputer	8	65	12	6.240
11.	Printer	4	325	7	9.100

Total Energi = 95.870 kWh

Tabel 4 Data Beban Puncak Kantor DLHK Pekanbaru

No.	Peralatan Listrik	Waktu Aktif (Jam)	Daya (Watt)	Jumlah	Total Energi (kWh)
1.	Lampu LED	8	30	21	5.040
2.	Lampu LED	24	18	10	4.320
3.	Lampu LED	24	100	5	12.000
4.	Komputer	8	65	7	3.640
5.	Kulkas	24	90	1	2.160
6.	Dispenser	8	200	1	1.600
7.	Printer	4	325	4	5.200
8.	AC 2 pk	7	1400	5	49.000
					Total Energi = 82.960 kWh

2.1.2. Parameter Proses

Campuran senyawa yang digunakan bertujuan untuk menghasilkan minyak pirolisis yang berjenis solar, senyawa ini akan dimasukkan pada simulasi *SuperPro Designer* di bagian *react* [13]. Bisa kita lihat pada tabel 5 :

Tabel 5 Reaksi yang digunakan untuk menghasilkan minyak Pirolisis

No.	Senyawa	Kadar
1.	Benzene	40,5 %
2.	Carbon	13,3 %
3.	Hydrogen	3,3 %
4.	Indane	40,5 %
5.	Methane	3,3 %
		Total 100%

Parameter pada tabel 6 berguna sebagai acuan pada sifat minyak pirolisis, dan data yang digunakan berasal dari penelitian [12]. Bisa dilihat pada tabel 6:

Tabel 6 Data Sifat minyak Hasil Pirolisis Berbahan PolyProplylene

Komponen	Nilai
<i>Low Heating Value</i> (kJ/Kg)	39,221
Densitas (kg/l)	0,7464
Viskositas (P)	0,035

2.2. Perhitungan Aspek Teknis

2.2.1. Perhitungan Rumus Minyak Pirolisis dan *Software Superpro Designer*

Berikut adalah tahapan yang dilakukan untuk mencari hasil minyak dari limbah sampah plastik dengan menggunakan metode pirolisis melalui bantuan aplikasi *SuperPro Designer*.

A. Tahapan simulasi *SuperPro Designer*

Tabel 7 Tahapan Proses Simulasi

No.	Tahapan	Penjelasan
1.	Pemilihan Mode Proses	Penentuan model proses pada aplikasi ini ada 2 yaitu Batch dan Continous, dan pada simulasi ini proses yang digunakan adalah Batch karena proses ini bersifat berkelanjutan dan bisa diatur komponen serta proses dapat di ubah secara manual.
2.	Unit Prosedur	Proses ini berguna untuk memilih komponen yang sesuai untuk menghasilkan minyak pirolisis.
3.	Pengisian <i>Pure Components</i> dan <i>Stock Mixture</i>	Proses ini adalah pengisian komponen campuran agar menghasilkan minyak pirolisis dengan sempurna.

4.	<i>Solve / Run</i> Simulasi	Proses ini adalah yang terakhir dilakukan ketika semua komponen telah selesai di rancang sehingga dapat mengetahui hasil minyak pirolisis.
----	-----------------------------	--

B. Proses Pengolahan Bahan Dasar Menjadi Minyak Pirolisis

Sebelum memulai proses pertama kita harus memilih penentuan model proses yaitu *batch* karena proses ini memiliki pengaturan manual sehingga mudah diatur pada saat proses berjalan. Lalu mengisi *pure component* dan *stock mixture* bisa dilihat pada tabel 5 agar bisa menghasilkan minyak pirolisis yang sempurna. Berikut adalah unit komponen yang digunakan :

Tabel 8 Unit Prosedur dan *Pengisian Pure Component* pada *Stock Mixture*

No.	Proses	Unit Operasi Yang Digunakan	Unit Prosedur
1.	<i>Charge</i> adalah proses pemilihan bahan yang nantinya akan di campur dalam komponen <i>Transfer – In</i> adalah proses pemasukan campuran bahan yang digunakan untuk proses pirolisis. <i>React</i> adalah proses yang bertujuan untuk menyeimbangkan reaksi kimia agar menjadi minyak pirolisis yang di inginkan. Reaksi yang dimasukkan bisa dilihat pada tabel 5. <i>Transfer-Out</i> adalah hasil akhir dari proses yang berbentuk minyak pirolisis dan oksigen.	<i>Vessel Produce</i>	<i>Vessel Separator</i>
2.	<i>Condensation</i> adalah proses perubahan wujud gas menjadi cairan.	<i>Condensation</i>	<i>Condensation</i>
3.	<i>Electric Heating</i> adalah proses kenaikan temperatur yang bisa diubah secara manual. Ketetapan suhu diperoleh dari jurnal terkait.	<i>Electric Heating</i>	<i>Heat Exchanger</i>
4.	<i>2- Steam Mixing</i> adalah proses penggabungan bahan yang telah dicampurkan oleh komponen sehingga menjadi seragam.	<i>Mixing</i>	<i>Mixing</i>
5.	<i>Destilation</i> adalah adalah suatu metode buat pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap.	<i>Destilation</i>	<i>Destilation</i>

2.3. Validasi Penelitian

Validasi dilakukan untuk mengetahui kebenaran pada suatu penelitian, validasi pada penelitian ini dikomparasi dengan penelitian [11]. Bisa dilihat pada tabel 9 :

Tabel 9 Hasil Validasi Penelitian

No.	Parameter	Penelitian [10]	Validasi
1.	Jenis Plastik	PolyPropylene	PolyPropylene
2.	Hasil Minyak	1 L / 1Kg Plastik	1,3 L / 1Kg Plastik

Dari tabel 9 diperoleh validasi hasil yang merujuk pada penelitian [11] dengan inputan sampah plastik 1 Kg jenis *polypropylene*. Hasil simulasi *superpro designer* pada penelitian ini menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 1,3 L minyak pirolisis. Hasil perbandingan dengan penelitian [11] selisih yang dihasilkan tidak begitu banyak hanya 0,3 L, artinya error yang dihasilkan hanya 3% . sehingga penelitian ini bisa dikatakan valid karena memiliki nilai error dibawah 10%.

2.4. Perhitungan Potensi Limbah Plastik Menggunakan Aplikasi *Superpro Designer*

Proses perhitungan potensi limbah plastik akan dilakukan secara otomatis menggunakan aplikasi *SuperPro Designer*. Proses ini menggunakan metode pirolisis, dimana komponen dan kandungan yang termasuk dalam proses pirolisis akan dimasukkan di dalam aplikasi untuk mengetahui potensi minyak yang terkandung di dalam limbah sampah plastik.

2.4.1. Perhitungan Potensi Energi Listrik

Perhitungan dilakukan melalui 2 persamaan untuk mendapatkan hasil energi listrik dan waktu operasi genset per hari, berikut adalah persamaannya [14]:

$$\text{Waktu Operasi Genset} = \frac{\text{Volumetric flow x Mass Comp Pyrolysis (L)}}{\text{Konsumsi Bahan Bakar (L)}} \quad (1)$$

Keterangan :

- Volumetric Flow = Jumlah Minyak Pirolisis Dari Hasil Simulasi (L)
- Mass Comp Pyrolysis Oil = Kadar Minyak Pirolisis
- Konsumsi Bahan Bakar = Total Konsumsi Bahan Bakar

Berikut adalah perhitungan daya energi listrik[15] :

$$\text{Energi Listrik} = \text{Kapasitas daya genset x durasi hidup} \quad (2)$$

2.5. Perhitungan Aspek Ekonomis

2.5.1. Perhitungan Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui selisih antara nilai investasi, penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Apabila penerimaan kas yang mendatang lebih besar dari nilai investasi maka keadaan ini bisa disebut layak, namun apabila lebih kecil maka tidak layak untuk di ajukan[16]. Berikut adalah persamaannya :

$$NPV = \sum_t^n \frac{NB_i}{(1+i)^n} = \sum_t^n \overline{Bi} - \overline{Ci} \quad (3)$$

Keterangan :

- NPV = Net Present Value
- NB = Net Benefit = Benefit- Cost
- Bi = Benefit yang telah didiskon
- Ci = Cost yang telah didiskon
- n = Tahun ke-
- i = Diskon Faktor (%)

Kriteria Penilaian NPV :

- Jika NPV > 0 maka usaha tersebut layak dijalankan
- Jika NPV < 0 maka usaha tersebut tidak layak dijalankan
- Jika NPV = 0 maka usaha tersebut mampu mengembalikan modal.

Sebelum mencari hasil NPV kita harus menghitung aliran kas bersih dari proyek tersebut, yaitu dengan rumus :

$$HPP = \frac{\text{Total biaya Tetap} + \text{Total Biaya Operasional}}{\text{Jumlah hasil minyak x 360}} \quad (4)$$

2.5.2. Perhitungan Internal Rate of Return (IRR)

Tingkat pengembalian internal dapat didenifisikan sebagai tingkat suku bunga (i) yang menyebabkan nilai investasi atau biaya sama dengan nilai keuntungan. Metode mencari IRR diperlukan perhitungan agar mendapatkan nilai NPV sama dengan nol (0) [16]. Metode yang sering digunakan adalah dengan didasarkan pada perhitungan faktor diskonto terkecil dan terbesar secara matematis. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_1 - i_2) \quad (5)$$

Keterangan :

- IRR = Internal rate of return (%)
- I1 = Tingkat bunga pertama (%)
- I2 = Tingkat bunga kedua (%)
- NPV1 = Arus kas pada bunga terendah (Rp)

- NPV2 = Arus kas pada bunga tertinggi (Rp).

2.5.3. Perhitungan Payback Period (PP)

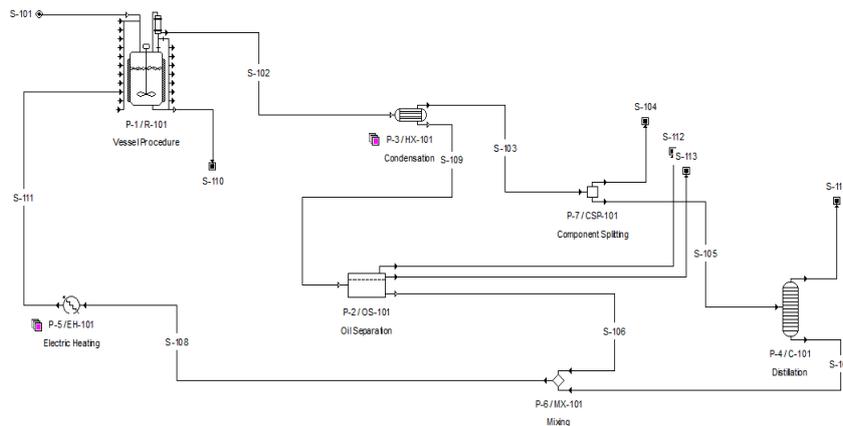
Payback period adalah perhitungan untuk mengetahui berapa lama masa pengembalian modal yang di tanam pada suatu usaha[17]. Berikut adalah persamaannya :

$$Payback\ Period = \frac{Nilai\ Investasi}{Kas\ Masuk\ Bersih} \tag{6}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Aspek Teknis

3.1.1. Perhitungan Potensi Minyak Pirolisis Dari Limbah Sampah Menggunakan Simulasi SuperPro Designer



Gambar 2 Single Line Diagram Simulasi Minyak Pirolisis SuperPro Designer

Tabel 10 Hasil Simulasi

No.	Parameter	Nitrogen	Minyak Pirolisis
1.	Flowrate (Kg)	6905,69855	213733,16325
2.	Mass Comp (%)	3,1299	96,8701
3.	Consentration (g/L)	0,888858	27,510375
4.	Mass Flow (Kg)	220.638,86	
5.	Volumetric Flow (L)	7.769.183,98	

Dari hasil simulasi mengguakan aplikasi SuperPro Designer, dapat dilihat pada tabel 7 ada 2 hasil dari simulasi tersebut yaitu nitrogen dan minyak pirolisis, hal ini terjadi karena proses yang dilakukan untuk mendapatkan minyak pirolisis melalui proses pembakaran dan limbah tersebut tentu saja memiliki kadar nitrogen yang tersisa sehingga dapat kita lihat flowrate yang dihasilkan sebesar 6905,69855 Kg untuk nitrogen dan flowrate untuk minyak pirolisis adalah 213733,16325 Kg, sedangkan untuk mass comp untuk kedua hasil adalah 3,1299% untuk nitrogen, 97,8701% untuk minyak pirolisis. Dari hasil pengolahan maka dapat dilihat bahwa mass flow yang dihasilkan sebesar 220638,86 Kg dan volumetric flow sebesar 7.769.183,98 L.

3.1.2. Perhitungan potensi energi listrik

Hasil minyak pirolisis akan dimanfaatkan melalui generator set untuk mencukupi kebutuhan energi listrik dikantor dinas lingkungan hidup dan kebersihan Kota Pekanbaru. Sehingga kantor tersebut bisa sepenuhnya memanfaatkan energi yang dihasilkan genset sebagai pengganti listrik dari PLN. Berikut adalah spesifikasi genset yang telah disarankan berdasarkan survey daya yang digunakan pada kantor tersebut :

Tabel 11 Spesifikasi Genset yang akan digunakan DLHK Pekabaru

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Manufaktur	STARKE GFS 20 – 495D
2.	Daya Output	20 KVA / 16KW
3.	Konsumsi bahan bakar	60 L
4.	Harga Jual	53.000.000

$$\begin{aligned} \text{Waktu Operasi Genset} &= \frac{90 \text{ L} \times 96,87 \%}{3,5\text{L}} \\ &= \frac{87,183 \text{ L}}{3,5 \text{ L}} \\ &= 24,9 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar genset yang dipakai dalam 1 jam adalah 3,5 liter, setelah itu kita bisa menghitung total waktu hidup genset jika 90 liter minyak pirolisis dimasukkan. Kemudian dikalikan dengan *mass comp* dari minyak pirolisis tersebut yaitu 96,87% .

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= \text{Daya genset} \times \text{waktu operasi genset} \\ &= 16 \text{ kW} \times 24,9 \\ &= 398,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan genset mampu hidup selama 24,9 jam dengan memanfaatkan minyak pirolisis sebanyak 90 liter, dan energi listrik yang dihasilkan sebesar 398,4 kW. Energi listrik yang dihasilkan mampu mencukupi kebutuhan beban harian listrik dikantor DLHK tersebut. Hasil minyak pirolisis dari analisa menggunakan software superpro designer memiliki sisa sebanyak 7.769.183 liter, minyak tersebut bisa dipasarkan kepada pihak penyedia bahan bakar minyak.

3.2. Perhitungan Aspek Ekonomi

Perhitungan aspek kelayakan yang akan di hitung pada penelitian ini adalah *net present value*(NPV) dan *payback period* . Sebelum menghitung NPV dan PP perlu mengetahui total keseluruhan biaya yang di perlukan. Berikut adalah data perkiraan biaya:

Tabel 12 Total Perkiraan Biaya Investasi

No.	Komponen Investasi	Unit	Harga/Unit	Total Harga	Umur
1.	Mesin Pirolisis	2	16.000.000	42.000.000	15
2.	Mesin Pencacah	1	9.950.000	9.950.000	15
3.	Pemilah Sampah	10	30.000	300.000	15
4.	Drum Bensin	5	150.000	750.000	15
5.	Kaleng Residu	5	20.000	100.000	15
6.	Timbangan Besar	1	990.000	990.000	15
7.	Karung Goni	5	10.000	50.000	15
8.	Jerigen 100L	5	170.000	850.000	15
9.	Corong Minyak	5	10.000	50.000	15
10.	Sarung Tangan	500	1.000	50.000	15
11.	Genset Diesel 20 KVA/16kW	1	53.000.000	53.000.000	15
				Total Harga = 107.790.000	

Tabel 13 Biaya Operasional

No.	Komponen	Spesifikasi	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1.	Biaya Air	1	M ³	30.000	360.000
2.	Biaya Perawatan mesin / tahun	2	Unit	500.000	1.000.000
3.	Biaya Listrik	2400	Watt	1.444	3.457.680
4.	Biaya Bahan Bakar	100	Liter	1000	3.600.000
					Total Harga = 8.417.680

Tabel 14 Biaya Pekerja Bangunan

No.	Perkerja	Jumlah	Waktu Kerja	Upah/Hari (Rp)	Total Upah
1.	Pekerja Bangunan	2	5 hari	200.000	2.000.000
2.	Pekerja Instalasi Listrik	2	5 hari	200.000	2.000.000
				Total Harga	= 4.000.000

Tabel 15 Biaya Karyawan

No.	Perkerja	Jumlah	Waktu Kerja	Upah/Hari (Rp)	Total Upah (Rp)
1.	Bagian Mesin	2	26 hari	200.000	10.400.000
2.	Bagian Pengecekan Bahan Bakar	2	26 hari	200.000	10.400.000
3.	Bagian Minyak Pirolisis	4	26 hari	80.000	8.320.000
4.	Bagian Pencucian Mesin	2	26 hari	50.000	2.600.000
5.	Bendahara	1	26 hari	150.000	3.900.000
6.	Keamanan/k3	1	26 hari	250.000	6.500.000
				Total Harga	= Rp. 42.120.000/ Bulan

Total dari seluruh perkiraan adalah = Rp. 107.790.000 + Rp. 8.417.680 + Rp. 42.120.000 = Rp. 162.327.680

3.2.1. Perhitungan *Net Present Value*(NPV)

NPV adalah nilai bersih atau pendapatan total yang dilihat dari nilai pendapatan awal proyek sampai masa umur pembangkit. NPV pada Suku bunga 10%, maka persamaan untuk mencari adalah :

$$\text{Tahun ke } - 0 = \frac{1}{(1+t)^n} = \frac{1}{(1+0,10)^0} = 1$$

Benefit = (0+0) x 1 = 0 (belum mendapatkan keuntungan)

$$\text{Tahun ke } - 1 = \frac{1}{(1+t)^n} = \frac{1}{(1+0,10)^1} = 0,909$$

$$\begin{aligned} \text{Benefit} &= (\text{Pendapatan} + \text{Penyusutan}) \times \text{Suku Bunga} \\ &= (41.176.669.900 + 146.130.912) \times 0,909 \\ &= 41.322.800.812 \times 0,909 \\ &= 37.562.425.938 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost} &= (\text{Pengeluaran} - \text{Penyusutan}) \times \text{Suku Bunga} \\ &= (302.577.000 - 146.130.912) \times 0,909 \\ &= 156.446.088 \times 0,909 \\ &= 142.209.493 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cash Flow in tahun pertama} &= \text{Benefit} - \text{Cost} \\ &= 37.562.425.938 - 142.209.493 \\ &= 37.420.216.445 \end{aligned}$$

Tabel 15 *Cash in flow* Pada Bunga 10 dan 12%

Tahun ke -	10 %	Cash in flow 10 % (NPV)	12%	Cash in flow 12 % (NPV)
1	0,909	37.420.216.445	0,892	36.720.388.414
2	0,826	34.003.409.002	0,797	32.809.584.715
3	0,751	30.915.932.396	0,711	29.269.278.209
4	0,63	25.934.803.476	0,635	26.140.635.250
5	0,62	25.523.139.929	0,567	23.341.323.129
6	0,564	23.217.823.974	0,506	20.830.175.490
7	0,513	21.118.339.973	0,452	18.607.192.336
8	0,466	19.183.521.301	0,403	16.590.040.954
9	0,424	17.454.534.403	0,36	14.819.887.701
10	0,385	15.849.046.569	0,321	13.214.399.866
11	0,35	14.408.224.154	0,287	11.814.743.806
12	0,318	13.090.900.803	0,256	10.538.586.809
13	0,289	11.897.076.515	0,229	9.427.095.231
14	0,263	10.826.751.292	0,204	8.397.936.364
15	0,239	9.838.758.779	0,182	7.492.276.559
Jumlah		310.682.479.011		280.013.544.833

NPV	310.503.918.563	279.834.984.385
------------	------------------------	------------------------

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{Benefit total} - \text{investasi awal} \\ &= 310.682.479.011 - 178.560.448 \\ &= 310.503.918.563 \end{aligned}$$

Aliran kas masuk didapat dari perhitungan HPP jika minyak pirolisis diperjual belikan

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \frac{\text{Total biaya Tetap} + \text{Total Biaya Operasional}}{\text{Jumlah hasil minyak} \times 360} \\ &= \frac{13.889.180 + 8.417.680}{23.574 \times 360} \\ &= 2.628 \\ \text{HPP} &= 2.628 (2.628 \times 100\%) \\ &= 5.256 \text{ jika dibulatkan menjadi } 5.300 \end{aligned}$$

Minyak pirolisis akan dipasarkan kepada masyarakat yang bertempat tinggal di daerah perkebunan, dan kepada pihak penyedia bahan bakar minyak seperti Pertamina, Shell, dan Vivo. Dengan harga jual 5.300/L tentu saja dapat membantu masyarakat yang membutuhkan minyak jenis solar, karena harga jual yang diperkirakan melalui perhitungan HPP jauh dibawah harga bio solar yang beredar di pasaran.

3.2.2. Perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk menutupi biaya investasi awal proyek. Dari tabel 15 di atas, dapat dihitung nilai *internal rate of return* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \left(\frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \right) \times (i_1 - i_2) \\ &= 10 + \left(\frac{310.503.918.563}{310.503.918.563 - 279.834.984.385} \right) \times (12 - 10) \\ &= 10 + \left(\frac{310.503.918.563}{30.668.934.178} \right) \times 2 \\ &= 10 + (10.12 \times 2) \\ &= 30,24 \% \end{aligned}$$

3.2.3. Perhitungan *Payback Period*

$$\begin{aligned} \text{PP} &= \frac{178.560.448}{41.176.669.900} \\ &= 0,048 \times 12 = 0,57 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan NPV dan IRR memberikan hasil positif (+) dan lebih dari 0 yaitu Rp. 310.503.918.563 dan 30,24%, artinya hasil yang diberikan mempunyai potensi jika proyek dilakukan. Hasil perhitungan *payback period* pada proyek ini hanya membutuhkan waktu selama 5 bulan, jangka waktu yang diberikan termasuk ekonomis karena tidak melebihi umur proyek yang telah ditetapkan.

4. PENUTUP

1. Potensi limbah sampah dari hasil simulasi *SuperPro Designer* menunjukkan bahwa limbah sampah mampu mencukupi kebutuhan yang ada dikantor DLHK tersebut, dengan hasil minyak 7.769.183 L/ tahun dan 23.547 L/ hari
2. Potensi energi listrik yang dihasilkan sebesar 398,4 kW/ hari, hasil tersebut mampu mencukupi kebutuhan energi listrik yang ada pada kantor DLHK tersebut.
3. Nilai NPV yang didapat sebesar Rp.310.503.918.563, berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan angka menunjukkan >0 artinya memiliki keuntungan dan layak untuk dijalankan.
4. Pengembalian modal setelah dilakukan perhitungan hanya selama 0,5 tahun, artinya penelitian ini memiliki pengembalian <5 tahun, masuk pada kategori sangat cepat untuk pengembalian modal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala yang telah memberikan kemudahan terhadap peneliti dalam mengerjakan penelitiannya, kepada Universitas Uin Suska Riau terkhusus Fakultas Sains dan Teknologi prodi Teknik Elektro yang telah memberikan wadah bagi peneliti dan kemudahan dalam segala

urusan, kepada Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Pekanbaru yang telah memberikan izin kepada peneliti untuk melakukan penelitiannya, kepada dosen pembimbing yang selalu membantu peneliti, memberikan arahan, dan kepada seluruh rekan-rekan yang turut membantu peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SIPSN, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional," 2021. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> (accessed Jun. 23, 2022).
- [2] M. Annisa Akmal, "Kajian Pengelola Sampah Mal Kota Pekanbaru," *Univ. Andalas*, 2022, [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/105447>
- [3] Damanhuri, E, and P. T, "Pengelolaan Sampah Terpadu (Pertama)," *Inst. Teknol. Bandung*, 2016.
- [4] Badan Pengelola Statistik, "Data Jumlah Penduduk Kota Pekanbaru Tahun 2021," *14710.2201*, 2021. <https://pekanbarukota.bps.go.id/publikasi.html> (accessed Mar. 19, 2022).
- [5] B. Pekanbaru, "SIPSN Nilai Sistem Pengelolaan Sampah di Pekanbaru Terus Membaik," 2021. <https://betuah.com/mobile/detail/5129/sipsn-nilai-sistem-pengelolaan-sampah-di-pekanbaru-terus-membaik> (accessed Jun. 09, 2022).
- [6] N. Wakila, "Wawancara," Pekanbaru, 2022.
- [7] DLHK, "Rekapan Data Sampah 2018 - 2021," Pekanbaru, 2018.
- [8] D. Admin, "DAMPAK PLASTIK TERHADAP LINGKUNGAN," 2019. <https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/dampak-sampah-plastik-terhadap-lingkungan/> (accessed Jul. 01, 2022).
- [9] W. Yulianto, F. Rhohman, and N. Suwito, "Perbandingan Bahan Bakar Premium Dengan Produk Cair Hasil," vol. 1, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- [10] B. Wajdi, B. A. Novianti, L. Zahara, and E. Korespondensi, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif," *Kappa J.*, vol. 4, no. 1, pp. 100–112, 2020, [Online]. Available: <http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/index>
- [11] S. Ramanda and L. Dewiyani, "Business Plan Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Sebagai Implementasi Social Entrepreneurship di Pulau Harapan," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 9, no. 1, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi>
- [12] M. Muchammad, "Analisis Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Jenis Polypropylene Menjadi Bahan Bakar Alternatif," *J. Ilm. Momentum*, vol. 14, no. 1, pp. 69–74, 2018, doi: 10.36499/jim.v14i1.2189.
- [13] F. Ar Rasyid, "SuperPro Designer." Pekanbaru, 2022.
- [14] G. Genset, "Cara menghitung Pemakaian Bahan Bakar pada Genset," 2019. <http://gudanggenset.com/berita-dan-artikel/cara-menghitung-pemakaian-bahan-bakar-pada-genset/> (accessed Jun. 29, 2022).
- [15] Oktovero, "Pemodelan Proses Dan Analisis Ekonomi Produksi Bioetanol Dengan Memanfaatkan Sampah Makanan Di Kota Pekanbaru Sebagai Bahan Bakar Generator Set," Uin Suska Riau, 2017.
- [16] M. Sidiq, "STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) MENGGUNAKAN AMPAS TEBU DARI PT. MADU BARU YOGYAKARTA," *J. TeknoSAINS FTIE UTY*, pp. 1–12, 2018.
- [17] J. Entrepreneur, "Cara Menghitung Payback Period pada Studi Kelayakan Bisnis," *PT MID Solusi Nusantara*, 2022. <https://www.jurnal.id/id/blog/cara-menghitung-payback-period-pada-studi-kelayakan-bisnis-sbc/> (accessed Jun. 23, 2022).