

## Potensi Minyak Pirolisis Dari Bahan *Polypropylene* Menjadi Energi Listrik

M.Farhan<sup>1\*</sup>, Marhama Jelita<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

\*Corresponding author, e-mail: [11850512451@students.uin-suska.ac.id](mailto:11850512451@students.uin-suska.ac.id)

### Abstrak

Sampah merupakan masalah terbesar untuk kota-kota besar di Indonesia, khususnya sampah plastik yang sulit untuk dimanfaatkan kembali. RSD Madani merupakan salah satu penyumbang limbah medis berbahan plastik di kota Pekanbaru, pemanfaatan limbah plastik dengan cara Pirolisis, proses ini dapat mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi minyak pirolisis dari limbah medis berbahan *polypropylene* dan potensi energi listrik yang dihasilkan oleh minyak pirolisis. Penelitian ini menggunakan metode Pirolisis dibantu dengan simulasi *SuperPro Designer* sehingga diperoleh *volumetric flow* dari minyak pirolisis. Dari hasil simulasi diperoleh minyak pirolisis dengan jumlah *volumetric flow* sebesar 3523,70 L dengan kandungan minyak pirolisis sebesar 97,8314%. Energi listrik yang dapat dihasilkan dari minyak pirolisis sebesar 132.575,02 kWh dalam satu tahun sehingga perhari dapat menghasilkan energi listrik sebanyak 363,21 kWh. Potensi daya yang dihasilkan oleh minyak pirolisis adalah 15,13375 kW dalam satu hari.

**Kata Kunci:** Limbah, *Polypropylene*, Pirolisis, *SuperPro*, Listrik

### Abstract

Garbage is the biggest problem for big cities in Indonesia, especially plastic waste which is difficult to reuse. RSD Madani is one of the contributors to medical waste made from plastic in Pekanbaru City, utilizing plastic waste by means of pyrolysis, this process can convert plastic waste into fuel oil (BBM). This study aims to calculate the potential for pyrolysis oil from medical waste made from polypropylene and the potential for electrical energy produced by pyrolysis oil. This research uses Pyrolysis method assisted by *SuperPro Designer* simulation in order to obtain volumetric flow of pyrolysis oil. From the simulation results obtained pyrolysis oil with a volumetric flow of 3523.70 L with a pyrolysis oil content of 97.8314%. Electrical energy that can be produced from pyrolysis oil is 132,575.02 kWh in one year so that per day it can produce as much as 363.21 kWh of electrical energy. The potential power generated by the pyrolysis oil is 15.13375 kW in one day.

**Keywords:** Waste, *Polypropylene*, Pyrolysis, *SuperPro*, Electricity

## PENDAHULUAN

Sampah merupakan masalah terbesar untuk kota-kota di Indonesia. Sampah yang dihasilkan dari buangan masyarakat perkotaan sulit sekali untuk dimanfaatkan kembali. Penumpukan sampah cenderung meningkat dan tidak terkendali [1]. Sampah terbagi menjadi 2 jenis, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dapat dengan mudah terurai, seperti buah, sayur, daun, kertas, dll. Sedangkan sampah anorganik adalah sampah yang sulit terurai seperti, plastik, kaca, kaleng, dan lain-lain [2].

Berdasarkan Data statistik *Indonesia Solid Waste Association*, sampah plastik merupakan peringkat kedua terbanyak yaitu sebesar 5,4 juta ton pertahun atau 14% dari total produksi sampah [3]. Salah satu jenis plastik yang sering ditemukan adalah plastic jenis *Polypropylene* atau polipropilen (PP). Plastik jenis ini dapat dengan mudah ditemukan di rumah tangga, industri, rumah sakit, pasar, dan lain-lain [4].

Rumah Sakit Daerah (RSD) Madani merupakan salah satu penyumbang limbah medis di kota Pekanbaru. Rumah sakit ini mulai beroperasi secara masif sejak tahun 2020 sebagai rumah sakit rujukan covid-19. RSD Madani sudah menghasilkan limbah medis sebanyak 9,067 ton pada tahun pertama, Pada tahun 2021 sebanyak 22,35 Ton limbah medis berbahan plastik *polypropylene* dihasilkan oleh RSD Madani Kota Pekanbaru [5].

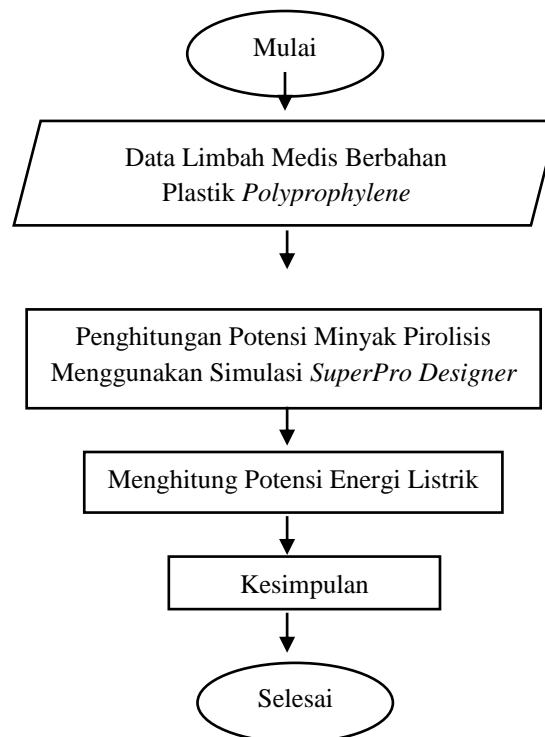
Berdasarkan wawancara dengan staf Kesehatan Lingkungan (Kesling) Dinas Kesehatan pak Mahmud, Selama ini limbah medis se-Indonesia di kumpulkan pada satu tempat, yaitu di Cileungsi, Jawa Barat dan untuk mengirim ke Cileungsi tersebut membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Limbah medis di kota Pekanbaru di bakar untuk mengecilkan dimensinya, sehingga dapat mengurangi biaya saat pengiriman ke tempat pembuangan limbah medis.

Pemanfaatan limbah medis berbahan plastik dapat dilakukan dengan metode Pirolisis [6]. Pirolisis adalah pemecahan bahan organik melalui proses pemanasan tanpa oksigen. Pada suhu tertentu plastik akan meleleh dan akan berubah menjadi gas. Kemudian akan dilakukan pendinginan pada gas sehingga mengalami kondensasi dan menjadi cairan. Cairan inilah yang akan menjadi bahan bakar. Proses pirolisis menghasilkan produk yang dinamakan minyak pirolisis [7]. Karakter dari limbah medis plastik jenis *polypropylene* merupakan yang paling cocok di manfaatkan dengan cara pirolisis, karena plastik jenis ini memperoleh volume minyak pirolisis lebih banyak jika dibandingkan dengan plastik jenis lain [8].

Penelitian terkait tentang pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan bakar dengan metode pirolisis sudah beberapa kali dilakukan, diantaranya penelitian [9]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tentang karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan dari limbah plastik menggunakan metode pirolisis. Penelitian [10] yang meneliti karakteristik dari minyak hasil pirolisis dan membandingkan dengan karakteristik bensin. Penelitian [11] penelitian yang bertujuan untuk mengetahui potensi sampah plastik jenis *polypropylene* yang di olah menjadi bahan bakar minyak. Penelitian [12] meneliti tentang pengaruh suhu dan waktu ketika proses pirolisis. Penelitian [13] meneliti tentang pengaruh dari tambahan minyak jelantah terhadap hasil waktu dan volume yang di hasilkan ketika proses pirolisis.

Berdasarkan penelitian terkait di atas, semua penelitian hanya berfokus pada pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan bakar cair menggunakan metode pirolisis, sementara pemanfaatan dari minyak pirolisis belum ada di lakukan. Oleh karna itu paper ini akan menganalisis potensi minyak pirolisis dari limbah medis berbahan *polypropylene* dan potensi energi listrik yang dihasilkan dari minyak pirolisis. Penelitian ini menggunakan metode Pirolisis dengan bantuan simulasi *SuperPro Designer*, dan akan dilakukan perhitungan energi listrik berdasarkan nilai kalor dari minyak pirolisis.

## METODE



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

## 2.1 Pengumpulan Data dan Parametrer Proses

### 2.1.1 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan wawancara langsung di Rumah Sakit Daerah Madani kota Pekanbaru.

**Tabel 1. Data Limbah Medis Berbahan Polypropyhlene di RSD Madani Kota Pekanbaru [5]**

No	Tahun	Volume (Kg)
1	2020	8160,3
2	2021	22347,27

### 2.1.2 Parameter Proses

Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dengan merujuk pada penelitian[14].

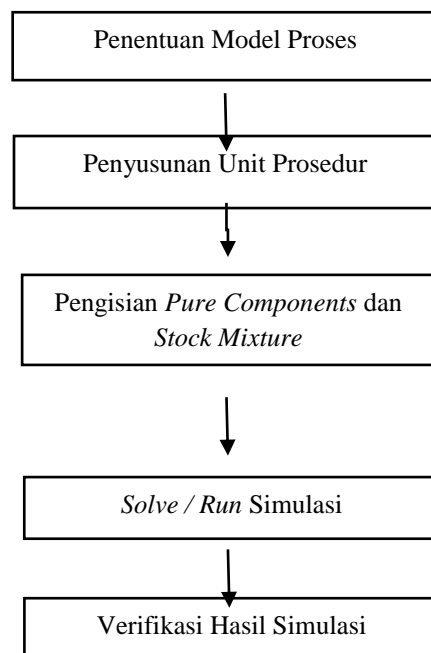
**Tabel 2. Data Sifat Minyak Pirolisis Limbah Medis Berbahan Polypropyhlene [14].**

Komponen	Minyak Pirolisis
Heating Value dalam (kJ/Kg)	44.127,76
Viskositas (cP)	0,65-0,78
Densitas (Kg/L)	0,768

## 2.2 Penghitungan Potensi Minyak Pirolisis Limbah Medis

### 2.2.1 Diagram alir pembuatan minyak pirolisis menggunakan aplikasi *SuperPro Designer*

Perhitungan potensi minyak pirolisis dari limbah medis ini dilakukan dengan metode pembakaran, kodensasi, dan destilasi dengan menggunakan aplikasi superpro. Adapun tahapan simulasi dengan aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Rangkaian Proses Pembuatan Minyak Pirolisis Menggunakan Aplikasi *Superpro Designer***

### 2.2.2 Penentuan Model Proses

Proses pembuatan minyak pirolisis dengan aplikasi superpro ini sendiri memiliki beberapa tahapan, model proses disini merupakan proses yang dilakukan setelah penentuan nilai komponen murni. Dalam aplikasi superpro sendiri memiliki 2 pilihan proses yang ada diantaranya *batch* dan *continuous*. Adapun proses yang digunakan dalam simulasi ini adalah dengan proses *batch*. Alasan pemilihan jenis proses ini karena penggunaan siklus dalam proses pirolisis pada penelitian ini. *Scheduling* yang dilakukan juga digunakan metode manual dan dilakukan di saat pengaturan awal aplikasi superpro [15].

### 2.2.3 Penyusunan Unit Prosedur

Unit prosedur merupakan kumpulan komponen yang digunakan dalam proses pirolisis [15].

**Tabel 3. Unit Prosedur**

No	Unit Prosedur	Unit Operasi Yang Digunakan	Proses
1	<i>Heat Exchanger</i> Tahapan ini dilakukan guna menaikkan temperatur dengan menggunakan komponen <i>electric Heat</i>	<i>Electric Heat</i>	<i>Electric Heating</i>
2	Destilasi Unit ini melakukan fraksinasi <i>multistage</i> yang dilakukan dengan berdasar pada selisih <i>votality</i>	<i>Destil</i>	<i>Destilation</i>
3	Vessel Separator Sesuai namanya unit ini berfungsi untuk memisahkan air,minyak, dan gas yang masuk ke komponen ini	<i>Vessel Procedure</i>	<i>Charge Transfer-In Reaction Transfer-Out</i>
4	<i>Mixing</i> Merupakan suatu proses pencampuran bahan sehingga dapat bergabung menjadi homogen yang bersifat seragam	<i>Mixing</i>	<i>2-Stream Mixing</i>
5	<i>Condensation</i> Merupakan proses perubahan wujud dari yang bersifat gas menjadi cairan	<i>Condensation</i>	<i>Condensation</i>

### 2.2.4 Verifikasi Hasil Simulasi

Verifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan komparasi atau perbandingan terhadap penelitian [8] yang membahas tentang pengolahan sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polyprophylene* (PP) menjadi bahan bakar menggunakan metode pirolisis dengan eksperimen langsung.

**Tabel 4. Verifikasi Hasil Simulasi**

No	Parameter	Jurnal	Hasil Simulasi
1	Bahan Baku	<i>Polypropylene</i>	<i>Polypropylene</i>
2	Volume Input (gram)	500	500
3	Minyak Pirolisis yang Dhasilkan (ml)	70	78
	Error		11,42%

Dari tabel di atas, dapat dilihat minyak pirolisis yang dihasilkan dari eksperimen pada penelitian [8] sebanyak 70 ml dari 500 gram bahan baku *polypropylene*. Hasil simulasi *SuperPro* dari limbah *polypropylene* sendiri menghasilkan 78 ml minyak pirolisis dari 500 gram bahan baku *polypropylene*. Terjadi *error* yang cukup besar yaitu sebesar 11,42%. Hal ini disebabkan pada jurnal yang menjadi acuan untuk verifikasi hasil simulasi menggunakan eksperimen langsung, yang berarti terdapat faktor yang memengaruhi hasil saat proses sedang berlangsung, sementara jika menggunakan simulasi tidak ada faktor yang dapat memengaruhi hasil simulasi.

### 2.3 Perhitungan Matematis

Adapun persamaan matematis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### Potensi Energi dan Daya Listrik

Potensi energi dan daya listrik di sini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan matematis [16]

$$\text{Energi Listrik} = \text{Volumetric Flow} \times \text{LHV} \quad (1)$$

Di mana:

Energi Listrik : Energi *output* yang dihasilkan sumber biomassa (kWh)

Volumetric Flow : Laju Aliran Volume (L/hari)

Low Heating Value : Kalor Saat air dan hidrogen dalam fasa uap (KJ/kg) (1 KJ/Kg = 0,000277778 kWh)

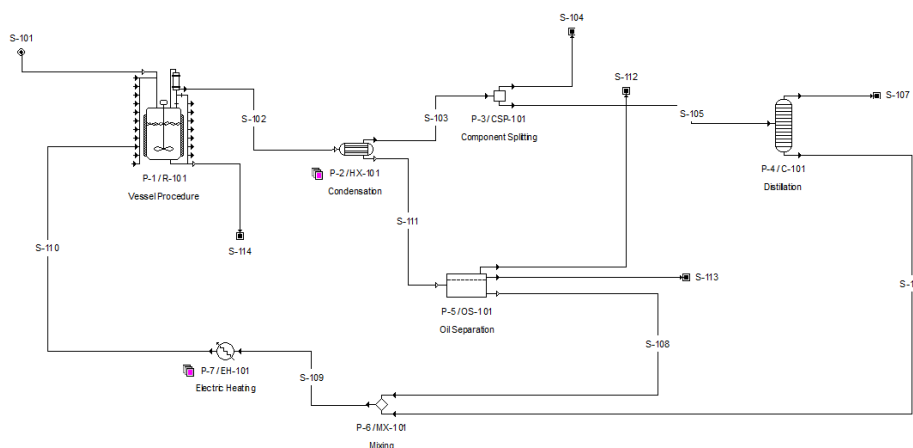
#### Potensi Daya

Perhitungan Potensi daya juga dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Potensi Daya} = \text{Energi Listrik} \div 24 \text{ jam} \quad (2)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Potensi Minyak Pirolisis dari Limbah Medis Berbahan *Polypropylene*



**Gambar 3. Single Line Diagram Proses Pirolisis Simulasi *Superpro Designer***

Proses awal bahan limbah *polypropylene* sebanyak 22.374,27 Kg yang merupakan limbah medis berbahan *polypropylene* yang berasal dari RSD Madani kota Pekanbaru di *input* dan direaksikan dalam *vessel procedure*, setelah itu keluaran dari *vessel procedure* yang berupa gas masuk ke dalam proses kondensasi untuk mengubah wujud gas menjadi cairan. Setelah itu, cairan hasil kondensasi di suling kembali

oleh destilator yang berfungsi untuk memisahkan kandungan minyak dan air. Hasil akhir dari simulasi di peroleh pada keluaran reaktor *destillation*.

**Tabel 5. Hasil Simulasi Superpro Designer**

No	Parameter	Nitrogen	Minyak Pirolisis
1	<i>Flowrate (Kg)</i>	3,09356	139,56015
2	<i>Mass Comp (%)</i>	2,1686	97,8314
3	<i>Concentration (g/L)</i>	0,877439	39,584042
4	<i>Mass Flow (Kg)</i>		142,6537
5	<i>Volumetric Flow (L)</i>		3525,70

Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Superpro Designer* dengan input biomassa berupa Plastik jenis *Polypropylene* dengan volume 22.347,27 Kg dalam satu tahun, memperoleh hasil *Flowrate* sebesar 139,56015 Kg minyak pirolisis dan 3,09356 Kg untuk kadar nitrogen, *Mass Comp* dari kadar Nitrogen sebesar 2,1686% dan *Polypropylene* 97,8314%, maka menghasilkan *volumetric flow* sebesar 3525,70 L/tahun atau 9,65 L/hari.

### 3.2 Potensi Energi Listrik dari Minyak Pirolisis

Untuk konversi menjadi energi listrik, maka menghitung potensi tersebut menggunakan persamaan (1). Karena mengasumsikan bahan bakar yang nantinya dipakai adalah minyak hasil pirolisis, maka berdasarkan data kandungan LHV sesuai data pada bagian metode penelitian. Perhitungan energi listrik yang dihasilkan menjadi:

$$\text{Energi Listrik} = \text{Volumetric Flow} \times \text{LHV}$$

$$\text{Energi Listrik} = 3523,70 \text{ L} \times 44.127,76 \text{ kJ/Kg}$$

$$\text{Energi Listrik} = 11.127,204 \text{ Kg} \times 44.127,76 \text{ kJ/Kg}$$

$$\text{Energi Listrik} = 491.018.588 \text{ kJ}$$

$$\text{Energi Listrik} = 491.018.588 \text{ kJ} \times \frac{0,00027 \text{ kWh}}{1 \text{ kJ}}$$

$$\text{Energi Listrik} = 132.575,02 \text{ kWh}$$

**Tabel 6. Hasil Penghitungan Potensi Energi Listrik**

No	Parameter	Tahun	Hari
1	Volume Biomassa (Kg)	22.347,27	61,22
2	Energi Listrik (kWh)	132.575,02	363,21

Setelah kita mendapatkan hasil dari energi listrik yang dihasilkan oleh minyak pirolisis , maka kita dapat menghitung potensi daya berdasarkan persamaan (2)

$$\text{Potensi Daya} = \text{Energi Listrik} / 24 \text{ jam}$$

$$\text{Potensi Daya} = 363,21 \text{ kWh} \div 24 \text{ h}$$

$$\text{Potensi Daya} = 15,13375 \text{ kW}$$

### PENUTUP

Dari hasil yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa limbah medis berbahan *polypropylene* dari RSD Madani yang berjumlah 22347,27 Kg, dengan menggunakan metode pirolisis, dibantu dengan menggunakan aplikasi *Superpro Designer*, maka dapat menghasilkan minyak pirolisis dengan jumlah *volumetric flow* 3523,70 L dengan kandungan minyak pirolisis sebesar 97,8314%. Energi listrik yang dapat dihasilkan dari minyak pirolisis ini juga cukup tinggi yakni sebesar 132.575,02 kWh dalam satu tahun sehingga perhari dapat menghasilkan energi listrik sebanyak 363,21 kWh, dan potensi daya yang dihasilkan oleh minyak pirolisis adalah 15,13375 kW. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah karakteristik dan analisa ekonomi dari minyak pirolisis limbah medis polypropylene.

---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukadi and N. Novarini, "Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Daur Ulang Sampah Kantong Plastik," *Tek. J. Tek.*, vol. 5, no. 2, p. 96, 2019, doi: 10.35449/teknika.v5i2.86.
- [2] D. Anggraini, M. B. Pertiwi, and D. Bahrin, "Biogas Dari Sampah Organik," *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik*, vol. 18, no. 1, pp. 17–23, 2012.
- [3] H. Widiyatmoko, P. Purwaningrum, and F. Putri Arum P, "Analisis Karakteristik Sampah Plastik Di Permukiman Kecamatan Tebet Dan Alternatif Pengolahannya," *Indones. J. Urban Environ. Technol.*, vol. 7, no. 1, p. 24, 2016, doi: 10.25105/urbanenvirotech.v7i1.713.
- [4] A. O. Priyatna and E. Saputra, "Perengkahan Katalitik Limbah Plastik Jenis Polypropylene ( Pp ) Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Katalis Zeolit a," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 13, no. 1, pp. 23–27, 2014.
- [5] R. Arhamah, "Data Limbah Rumah Sakit Daerah Madani kota Pekanbaru," *Interview*, 2022.
- [6] T. Norsujianto, "Konversi Limbah Plastik Menjadi Minyak Sebagai Bahan Bakar Energi Baru Terbarukan," *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, p. 05, 2015, doi: 10.34128/je.v1i1.21.
- [7] M. Syamsiro, "Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk," *Teknik*, vol. 5, no. 1, pp. 1–85, 2015.
- [8] Y. Bow, Zulkarnain, S. P. Lestari, S. R. M. Sihombing, S. A. Kharissa, and Y. A. Salam, "Pengolahan Sampah Low density polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif menggunakan Prototipe Pirolisis Thermal Cracking," *J. Politek. Negeri Sriwij. Kinet.*, vol. 9, no. 03, pp. 1–6, 2018.
- [9] E. Praputri, Mulyazmi, E. Sari, and M. Martynis, "Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak ( BBM ) Dengan Proses Pyrolysis," *Semin. Nas. Tek. Kim. – Teknol. Oleo Petro Kim. Indones. Pekanbaru, Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 159–168, 2016.
- [10] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP (Polypropylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 3, no. 1, pp. 17–26, 2016.
- [11] S. Suhartoyo, "Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar," *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, p. 90, 2021, doi: 10.32832/ame.v7i2.4872.
- [12] E. Masfitra, S. Anwar, Y. Rizal, P. Subekti, and A. Fathoni, "Pengujian Bahan Bakar Minyak ( BBM ) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Pp ( Polypropylene )," vol. 1, no. 1, pp. 6–10, 2021.
- [13] N. A. Hidayati, A. I. Rasdianah, and C. Muthiadin, "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan," *J. Biol.*, no. November 2017, pp. 35–37, 2017.
- [14] N. Nasrun, E. Kurniawan, and I. Sari, "Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis," *J. Energi Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017, doi: 10.29103/jee.v4i1.11.
- [15] S. Berg, "SuperPro Designer User's Manual," 2016. <https://projects.ncsu.edu/project/actionagenda/coprotein/media/UsersManual.pdf> (accessed Mar. 22, 2022).
- [16] Oktovero, "Pemodelan Proses Dan Analisis Ekonomi Produksi Bioetanol Dengan Memanfaatkan Sampah Makanan Di Kota Pekanbaru Sebagai Bahan Bakar Generator Set," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2017.

### Biodata Penulis

**Marhama Jelita**, menyelesaikan Pendidikan Sarjana pada jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Riau, pada tahun 2008. Tahun 2012 memperoleh gelar Magister of Science di Universiti Kebangsaan Malaysia.

**M.Farhan**, Saat ini sedang dalam proses penyelesaian tugas akhir untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau.