

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik telah menjadi sesuatu hal yang membahayakan dan meresahkan bagi lingkungan sekitar, baik di tingkat nasional maupun global. Meningkatnya populasi dan gaya hidup konsumtif dari masyarakat menyebabkan peningkatan dari volume sampah plastik yang dihasilkan setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2024, Indonesia menghasilkan sekitar 33,619 juta ton sampah, di mana sekitar 19,76%-nya merupakan sampah berjenis plastik (*SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2025*). Dua jenis plastik yang sering ditemukan pada limbah adalah plastik berjenis *Polypropylene (PP)* dan *Low Density Polyethylene (LDPE)*, yang biasa digunakan dalam produk kemasan makanan sekali pakai, peralatan rumah tangga, dan barang konsumsi lainnya.

Limbah plastik jenis PP dan LDPE sering kali tidak dikelola dengan baik sehingga kerap berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) yang menyebabkan pencemaran tanah dan perairan. Proses dekomposisi plastik di lingkungan dapat memakan waktu yang lama hingga ratusan tahun, sehingga akan berdampak negatif terhadap ekosistem, kesehatan manusia, dan estetika lingkungan.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menangani masalah limbah plastik, mulai dari daur ulang mekanis hingga pengurangan penggunaan plastik sekali pakai. Salah satu solusi yang saat ini mulai banyak dikembangkan adalah teknologi daur ulang kimia (*Chemical recycling*) melalui proses pirolisis atau *thermal cracking*. Proses ini juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan membantu kebutuhan energi nasional (Nasrun *et al.*, 2016).

Plastik PP dan LDPE memiliki sifat termoplastik, artinya keduanya dapat meleleh pada suhu tinggi dan kembali mengeras saat didinginkan tanpa mengalami perubahan sifat kimia yang signifikan. Karena sifat ini menjadikan plastik PP dan LDPE sebagai salah satu barang yang potensial untuk proses daur ulang secara termal seperti pirolisis (Gaurav *et al.*, 2014).

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen untuk menghasilkan produk berupa gas, cairan, dan padatan. Salah satu hasil utama dari proses pirolisis limbah plastik adalah bahan bakar cair yang memiliki karakteristik serupa dengan bahan bakar minyak (BBM) fosil, seperti solar dan bensin (Nasrun *et al.*, 2016).

Proses lanjutan dari pirolisis adalah *cracking* atau perengkahan yang merupakan suatu proses dekomposisi molekul besar hidrokarbon menjadi molekul yang lebih kecil dan lebih ringan melalui pemutusan ikatan kimia. Menurut Coker (2018), umumnya *cracking* berlangsung dengan bantuan suhu yang tinggi, tekanan, ataupun dengan katalis. Perbandingan ketiga jenis proses ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan ketiga jenis *cracking*

<b>Jenis Cracking</b>	<b>Suhu Operasi</b>	<b>Katalis</b>	<b>Tekanan</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<i>Thermal Cracking</i>	400-800°C	Tidak	Atmosferik	Proses sederhana, biaya rendah	Selektivitas rendah, lebih banyak gas
<i>Catalytic cracking</i>	450-550°C	Zeolit/ Alumina	Sedang	Yield <i>gasoline</i> tinggi, produk lebih bersih	Perlu katalis, kontrol lebih kompleks
<i>Hydrocracking</i>	350-450°C	Katalis logam	Tinggi	Produk berkualitas tinggi	Biaya tinggi, perlu hidrogen (H <sub>2</sub> ) dan peralatan bertekanan

Sumber: Coker (2018).

Metode *thermal cracking* dipilih sebagai proses utama dalam pengolahan limbah plastik jenis *Polypropylene* (PP) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) menjadi bahan bakar minyak. Alasan pemilihan proses ini yaitu proses lebih sederhana dengan biaya yang rendah.

Industri bahan bakar minyak di Indonesia mempunyai perkembangan yang cukup stabil, hal ini dapat dilihat dengan berkembangnya populasi masyarakat Indonesia yang semakin meningkat. Peningkatan populasi ini akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan bahan bakar masyarakat. Maka dari itu sangat penting dilakukan perencanaan pendirian pabrik bahan bakar minyak guna memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia serta menyerap tenaga kerja yang dapat mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Produk

Untuk menentukan kapasitas suatu pabrik bahan bakar minyak dari limbah PP dan LDPE maka perlu diketahui seberapa besar data impor, ekspor, konsumsi, dan produksi dari bahan bakar minyak di Indonesia.

### A. Perkembangan Ekspor

Tabel 2 adalah data perkembangan ekspor bahan bakar minyak di Indonesia dari tahun 2019 hingga 2023.

**Tabel 2.** Data ekspor bahan bakar minyak Indonesia tahun (2019-2023)

Tahun	Jumlah (kg/tahun)
2019	126.379
2020	624.530
2021	3.368
2022	1.709
2023	17.154

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2024).

### B. Perkembangan Impor

Tabel 3 adalah data perkembangan impor bahan bakar minyak di Indonesia dari tahun 2019 hingga 2023.

**Tabel 3.** Data impor bahan bakar minyak Indonesia tahun (2019-2023)

Tahun	Jumlah (Kg/tahun)
2019	24.025.703
2020	19.433.912
2021	21.473.300
2022	27.491.845
2023	26.682.543

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2024).

### C. Perkembangan Konsumsi

Tabel 4 merupakan data perkembangan konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia tahun 2019 hingga 2023.

**Tabel 4.** Data konsumsi bahan bakar minyak Indonesia tahun (2019-2023)

Tahun	Jumlah (Kg/tahun)
2019	43.008.067
2020	35.837.835
2021	36.940.367
2022	42.514.524
2023	44.999.034

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2024).

### D. Perkembangan Produksi

Tabel 5 merupakan data perkembangan produksi bahan bakar minyak di Indonesia tahun 2019 hingga 2023.

**Tabel 5.** Data produksi bahan bakar minyak Indonesia tahun (2019-2023)

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Kg/tahun)</b>
2019	44.222.982,88
2020	39.349.595,70
2021	40.332.186,24
2022	41.159.363,80
2023	43.008.134,59

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2024).

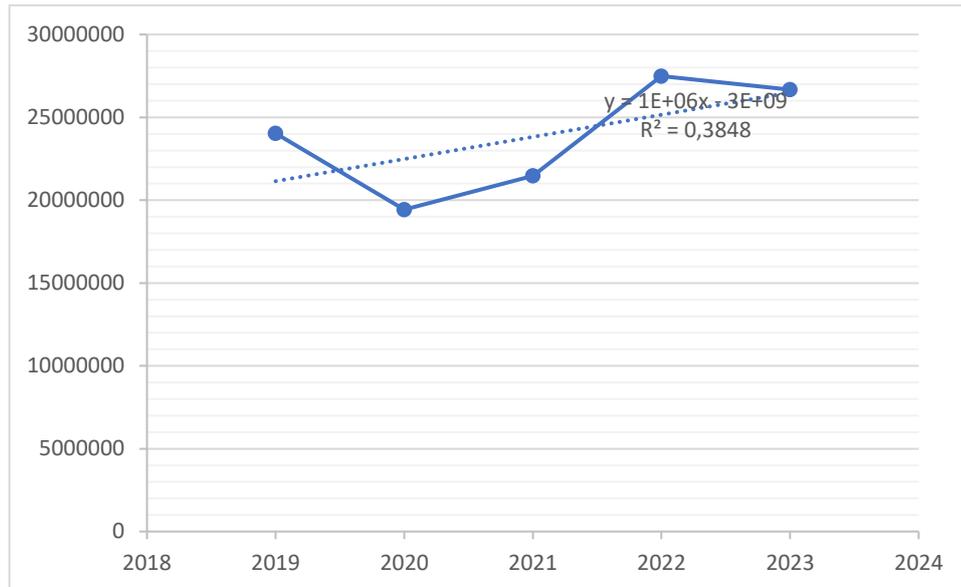
Data-data produksi tersebut dihasilkan oleh kilang-kilang minyak dalam negeri yang tersebar di seluruh Indonesia. Tabel 6 adalah daftar kilang produksi bahan bakar minyak di Indonesia:

**Tabel 6.** Daftar kilang produksi bahan bakar minyak di Indonesia

<b>Kilang</b>	<b>Kapasitas (MBSD)</b>	<b>Lokasi</b>
Pertamina Refinery Unit II Dumai	177	Riau
Pertamina Refinery Unit III Plaju	127,3	Sumatera Selatan
Pertamina Refinery Unit IV Cilacap	348	Jawa Tengah
Pertamina Refinery Unit V Balikpapan	260	Kalimantan Timur
Pertamina Refinery Unit VI Balongan	125	Jawa Barat
Pertamina Refinery Unit VII Kilang TWU	10 18	Papua Jawa Timur
Kilang Tuban	100	Jawa Timur
Kilang Pusdiklat Cepu	3,8	Jawa Timur

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2024).

Bahan bakar minyak diprediksi akan meningkat kebutuhan di masyarakat. Hal ini didasarkan pada semakin meningkatnya jumlah populasi di Indonesia yang menandakan bahwa setiap populasi membutuhkan bahan bakar minyak guna menunjang hidupnya. Proyeksi perkembangan impor bahan bakar *gasoline* di peroleh berdasarkan metode interpolasi linier pada data impor tabel 3.



**Gambar 1.** Grafik data impor bahan bakar minyak

Metode interpolasi linear dapat digunakan bila nilai  $R^2 > 0,9$ , namun dari gambar 1 diatas diperoleh nilai  $R^2$  yaitu sebesar 0,38 sehingga disimpulkan bahwa nilai  $R^2$  lebih kecil dari nilai yang diizinkan sehingga metode interpolasi linier tidak dapat digunakan. Maka dapat menggunakan data impor, ekspor, konsumsi dan produksi bahan bakar diatas menggunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun diperkirakan produksi bahan bakar pada tahun 2029 sebagai berikut:

**Tabel 7.** Pertumbuhan rata-rata bahan bakar di Indonesia

Tahun	Jumlah (Kg/tahun)				%P			
	Ekspor (E)	Impor (I)	Konsumsi (K)	Produksi (P)	E	I	K	P
2019	126379	24025703	43008067	44222983				
2020	624530	19433912	35837835	39349596	3,94	-0,19	-0,16	-0,11
2021	3368	21473300	36940366,99	40332186	-0,99	0,10	0,03	0,024
2022	1709	27491845	42514524	41159364	-0,49	0,28	0,15	0,02
2023	17154	26682543	44999034	43008135	9,03	-0,02	0,05	0,04
		Jumlah			11,49	0,16	0,07	-0,019
		Rata-rata			2,87	0,04	0,01	-0,004

Berdasarkan data diatas maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan bahan bakar di Indonesia pada tahun 2029 saat pabrik didirikan, yaitu dengan metode perhitungan *discounted method* menggunakan persamaan.

$$F_n = P (1 + i)^n$$

Keterangan:

- F = Nilai kebutuhan pada tahun ke-n
- P = Besarnya data pada tahun sekarang (Kg/tahun)
- i = Kenaikan data rata-rata

$n$  = Selisih tahun

Proyeksi ekspor, impor, konsumsi dan produksi bahan bakar minyak pada tahun 2029 yaitu sebagai berikut:

- a.  $F_{\text{impor}} 2029 = P (1 + i)^n$   
 $= 26.682.543 (1 + 0,04)^{(2029-2023)}$   
 $= 33.989.592,98 \text{ Kg/tahun}$
- b.  $F_{\text{ekspor}} 2029 = P (1 + i)^n$   
 $= 17.154 (1 + 2,87)^{(2029-2023)}$   
 $= 57.895.960,53 \text{ Kg/tahun}$
- c.  $F_{\text{Konsumsi}} 2029 = P (1 + i)^n$   
 $= 44.999.034 (1 + 0,01)^{(2029-2023)}$   
 $= 50.184.969,39 \text{ Kg/tahun}$
- d.  $F_{\text{Produksi}} 2029 = P (1 + i)^n$   
 $= 43.008.135 (1 + (-0,004))^{(2029-2023)}$   
 $= 41.746.304,99 \text{ Kg/tahun}$

Karena pabrik bahan bakar telah berdiri di Indonesia maka hasil yang diperoleh di kali dengan 60% maka perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{2029} &= \left( (F_{\text{Konsumsi}} 2029 + F_{\text{Ekspor}} 2029) - (F_{\text{Produksi}} 2029 + F_{\text{Impor}} 2029) \right) \times 60\% \\
 &= \left( (50.184.969,39 + 57.895.960,53) - (41.746.304,99 + 33.989.592,98) \right) \times 60\% \\
 &= 183.816.827,9 \times 60\% \\
 &= 19.407.019,17 \text{ Kg/tahun} \\
 &= 19.407,01 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa proyeksi kebutuhan bahan bakar pada tahun 2029 yaitu sebesar 19.407,01 Ton/tahun. Kebutuhan ini dipenuhi dari kilang minyak yang sudah ada. Oleh karena itu ditetapkan kapasitas perancangan sebesar **20 Kg/batch**. Alasan pemilihan kapasitas yaitu sebagai berikut:

1. Karena pra-rancangan proses ini masih berada pada tahap skala kecil (*pilot plant*). Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk menguji kelayakan proses, optimasi parameter dan validasi hasil konversi dari limbah plastik menjadi bahan bakar minyak.
2. Karena pengembangan pabrik skala besar memerlukan investasi modal yang sangat besar, baik untuk infastruktur, peralatan, teknologi maupun sumber daya manusia.

**1.3 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana teknologi proses produksi 20 Kg/batch *gasoline* yang diolah dari limbah plastik PP dan LDPE
2. Bagaimana pra-rancangan *process flow diagram* pengolahan limbah plastik PP dan LDPE menjadi bahan bakar minyak dengan kapasitas 20 Kg/batch *gasoline*.
3. Berapa jumlah bahan baku limbah plastik PP dan LDPE yang dibutuhkan untuk memperoleh kapasitas produksi *gasoline* sebesar 20 Kg/batch berdasarkan perhitungan neraca massa.

**1.4 Tujuan**

1. Menentukan teknologi proses produksi 20 Kg/batch *gasoline* yang diolah dari limbah plastik PP dan LDPE
2. Melakukan pra rancangan *Process Flow Diagram* pengolahan limbah plastik PP dan LDPE menjadi bahan bakar minyak dengan kapasitas 20 Kg/batch *gasoline*
3. Menghitung jumlah bahan baku limbah plastik PP dan LDPE yang dibutuhkan untuk memperoleh kapasitas produksi *gasoline* sebesar 20 Kg/batch berdasarkan perhitungan neraca massa.