

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi adalah hal mendasar bagi keberlangsungan hidup manusia dan segala proses yang terjadi di dunia membutuhkan energi. Saat ini energi fosil masih menjadi sumber utama dimana merupakan energi yang tak terbarukan. Pada tahun 2018, konsumsi energi dunia mengalami kenaikan 2,3% dan kebutuhan minyak dunia naik 1,3%. Indonesia merupakan salah satu negara yang mengonsumsi energi cukup besar seiring perkembangan industri dan teknologi. Pada tahun 2016, konsumsi energi Indonesia sebesar 5,9% dan kebutuhan minyak yang tersedia sebesar 41,47% (Gambar I.1) sedangkan pasokan minyak hanya sebesar 35,19% (ESDM, 2017). Penggunaan energi fosil dan gas alam yang terus meningkat dan ketersediaannya kian menipis, mendorong ketersediaan energi alternatif untuk semakin digalakkan.



Gambar I. 1 Konsumsi Energi Menurut Jenis Tahun 2016 di Indonesia

Biodiesel sebagai salah satu energi alternatif, adalah ester monoalkil dari asam lemak rantai panjang minyak nabati (*edible* maupun *non-edible*) atau lemak hewani. Biodiesel menjadi alternatif karena menghasilkan pembakaran yang bersih, dapat diurai secara biologis, tidak beracun dan memiliki emisi rendah. Indonesia berkomitmen untuk melaksanakan Program Mandatori Biodiesel hingga B100 sejalan dengan upaya mendukung Program *Sustainable Development Goals* (SDG).

Program SDG merupakan program dunia dibawah *United Nation* (UN) untuk mencapai pembangunan berkelanjutan hingga tahun 2030. Salah satu tujuan SDG Indonesia adalah menciptakan energi bersih dan industri *zero-waste* yang dapat dicapai sejalan dengan memproduksi biodiesel dari limbah industri *leather tanning* dan memanfaatkan limbah akuakultur sebagai katalis. Sumber bahan baku yang

digunakan untuk memproduksi biodiesel adalah *leather tanning waste* (LTW) karena memiliki kandungan lemak yang tinggi. LTW tidak akan mengganggu rantai makanan dan ramah lingkungan karena merupakan pemanfaatan limbah. Sedangkan, pemanfaatan katalis untuk meningkatkan produksi biodiesel, berbahan dasar limbah cangkang kerang simping (CKS) yang menjadi permasalahan wilayah pesisir Indonesia.

Proses yang digunakan dalam memproduksi biodiesel adalah reaksi transesterifikasi dimana trigliserida dalam lemak LTW akan direaksikan dengan etanol membentuk gliserol dan *fatty acid ethyl ester* (FAEE) ini dengan bantuan katalis CaO dari CKS. Dengan demikian penggunaan LTW dan CKS dalam produksi biodiesel di Indonesia memberikan keuntungan dalam mengurangi biaya bahan baku dan mendukung program pemerintah untuk mencapai B100 dan SDG–energi bersih dan industri *zero-waste*.

I.2 Karakteristik Bahan Baku

I.2.1. *Leather Tanning Waste*

Leather tanning waste (LTW) merupakan limbah yang dihasilkan dari pabrik penyamakan kulit berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat sebagian besar didapatkan dalam proses produksi kulit pada tahap pra-tanning yaitu pre-*fleshing*, *fleshing*, pencukuran dan pemangkasan. Limbah padat (lemak *fleshing*) tersebut mudah rusak dan membusuk sehingga menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu kesuburan tanah dan kualitas air. Limbah padat LTW mengandung 60% lemak sehingga limbah tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel (Ong *et al.*, 2013; Yuliana *et al.*, 2020).

Karakteristik fisik dan komposisi LTW secara umum terdapat pada Tabel I.1 dan Tabel I.2. Berdasarkan Yuliana *et al.* (2020), LTW memiliki kadar asam lemak bebas (FFA) dan air yang tinggi yaitu 14,20% dan 13,48% dengan persentase asam oleat dan asam palmitat tinggi.

Tabel I. 1 Karakteristik *Leather Tanning Waste* (Colak *et al.*, 2005)

Tampak fisik (20°C)	Kuning pucat
Analisa warna iodine	1,2
Angka asam (mg KOH/g)	2,4
Angka iodium (mg I/g)	50
Angka penyabunan (mg/g)	189
Indeks bias (30°C)	1,4630

Tabel I. 2 Komposisi Asam Lemak LTW (Colak *et al.*, 2005)

<i>Fatty Acid</i>	Struktur Kimia	Komposisi (%)
Myristic (C14:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	3,05
Palmitic (C16:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	20,59
Palmitoleic (C16:1)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	4,60
Stearic (C18:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	8,36
Oleic (C18:1)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	41,08
Linoleic (C18:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	2,97
Lain-lain		19,35

I.2.2. Biodiesel

Biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi yaitu proses konversi trigliserida dalam lemak dengan alkohol membentuk gliserol dan ester sebagai biodiesel. Biodiesel dipakai sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel karena emisi yang ramah lingkungan, proses produksi mudah dibandingkan dengan diesel serta *biodegradable*. Penggunaan biodiesel di Indonesia dilakukan secara bertahap sebagai campuran solar. Per awal tahun 2020 hingga 2025, pemerintah memberi Mandatori Biodiesel B30 artinya 30% dari komposisi solar mengandung biodiesel. Standar mutu biodiesel berpedoman pada SNI 7182:2015 tentang Syarat Mutu Biodiesel seperti yang tercantum pada Tabel I.3 dan standar mutu internasional yaitu ASTM D6751 dan EN 14214 seperti yang tercantum pada Tabel I.4.

Tabel I. 3 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015 (Badan Standar Nasional, 2015)

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
Massa jenis 40°C	kg/m ³	850-890
Viskositas kinematik 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka setana		Min. 51
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min. 100
Titik kabut	°C	Maks. 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam, 50°C)		No. 1
Residu karbon - dalam per contoh asli - dalam 100% ampas distilasi	% massa	Maks. 0,05 Maks. 0,3
Air dan sedimen	% volume	Maks. 0,05
Temperatur distilasi 90%	°C	Maks. 360
Abu tersulfatkan	% masaa	Maks. 0,02
Belerang	mg/kg	Maks. 100
Fosfor	mg/kg	Maks. 10
Angka asam	mg KOH/kg	Maks. 0,5

Gliserol bebas	%massa	Maks. 0,02
Gliserol total	%massa	Maks.0,24
Kadar ester metil	%massa	Min. 96,5
Angka iodium	%massa (g I ₂ /100 g)	Maks. 115
Kadar monogliserida	%massa	Maks. 0,8
Kestabilan oksidasi		
- Periode induksi metode rancimat	menit	360
- Periode induksi metode petro oks		27

Tabel I. 4 Standar Mutu Biodiesel menurut ASTM D6751 dan EN 14214 (Sakthivel *et al.*, 2018)

Parameter Uji	Satuan	ASTM D6751	EN 14214
<i>Flash point</i>	°C	130 minimum	101 minimum
<i>Cloud point</i>	°C	-3 to -12	-
<i>Pour point</i>	°C	-15 to -16	-
<i>Cetane number</i>		47 minimum	51 minimum
<i>Density at 15°C</i>	kg/m ³	880	860 – 900
<i>Kinematic viscosity at 40°C</i>	mm ² /s	1,9-6,0	3,6-5,0
<i>Iodine number</i>	g I ₂ /100 g	-	-
<i>Acid number</i>	mg KOH/g	0,5 maksimum	0,5 v maksimum
<i>Cold filter plugging point</i>	°C	Maksimum +5	-
<i>Oxidation stability</i>		-	3 h minimum
<i>Carbon residue</i>	% m/m	0,050 maksimum	0,3 maksimum
<i>Copper corrosion</i>		No. 3 maksimum	Class 1
<i>Distillation temperature</i>	°C	360	-
<i>Lubricity (HFRR)</i>	m	520 maksimum	-
<i>Sulphated ash content</i>	% mass	D874 0,002 maksimum	0,02 maksimum
<i>Ash content</i>			-
<i>Water and sediment</i>	% mass	0,05 vol% maksimum	500 mg/kg
<i>Monoglycerides</i>	% mass	-	0,8 maksimum
<i>Diglycerides</i>	% mass	-	0,2 maksimum
<i>Triglycerides</i>	% mass	-	0,2 maksimum
<i>Free glyrine</i>	% mass	0,02 maksimum	0,02 maksimum
<i>Total glycerine</i>	% mass	0,24	0,25
<i>Phosphorus</i>	% mass	0,001 maksimum	0,001 maksimum
<i>Sulphur (S 10 grade)</i>	ppm	-	-
<i>Sulphur (S 15 grade)</i>	ppm	150 maksimum	-
<i>Sulphur (S 50 grade)</i>	ppm	-	-
<i>Sulphur (S 500 grade)</i>	ppm	500 maksimum	-

<i>Carbon</i>	wt%	77	-
<i>Hydrogen</i>	wt%	12	-
<i>Oxygen</i>	wt%	11	-
<i>BOCLE scuff</i>	g	> 7000	-
<i>Conductivity at ambient temperature</i>	pS/m	-	-
<i>Total contamination</i>	mg/kg	24	24
<i>Boiling point</i>	°C	100-615	-
<i>Saponification value</i>	mg KOH/g	370 maksimum	-

I.2.3. Etanol

Pada reaksi transesterifikasi pembentukan biodiesel, alkohol digunakan untuk membentuk senyawa ester. Alkohol yang akan digunakan dalam pabrik biodiesel ini adalah etanol. Etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) merupakan senyawa alkohol monohidrik dengan dua gugus alkil. Etanol menjadi reaktan pilihan karena merupakan alkohol yang berasal dari bahan terbarukan sehingga ketersediaan alkohol terjaga dan kelarutannya pada minyak lebih tinggi dibandingkan metanol. Sifat fisik dan kimia etanol dapat dilihat pada Tabel I.5.

Tabel I. 5 Sifat Fisik dan Kimia Etanol (Perry and Green, 2008)

Wujud	Liquid
Berat Molekul	46,07 g/gmol
Kelarutan	Larut dalam air dan eter
Densitas	0,7893 g/ml
Titik Didih	78,4°C
Titik Leleh	-112°C
Bau	Menyengat (alkohol)
Warna	Tidak Berwarna

I.2.4. Katalis CaO

Penggunaan katalis dalam reaksi transesterifikasi dapat mempercepat laju reaksi sehingga pada durasi yang sama, *yield* yang dihasilkan lebih tinggi. Pada pabrik ini katalis yang digunakan adalah katalis heterogen yaitu Kalsium Oksida (CaO) yang berasal dari cangkang kerang simping (CKS).

CaO merupakan *metal oxide* bersifat basa yang memiliki performa yang baik dalam penggunaannya sebagai katalis pembentukan biodiesel (Suryaputra *et al.*, 2013; Yuliana *et al.*, 2020). Pembentukan CaO merupakan hasil kalsinasi Kalsium karbonat (CaCO_3) yang terdekomposisi menjadi CaO. CKS memiliki porsi sebesar 41,15% dari berat total kerang (Nurdina, 2016) dengan kandungan CaCO_3 pada cangkang yaitu

97,6 % massa (Hamester, Balzer, and Becker, 2012). Produksi limbah kerang simping Indonesia mencapai 2.780 ton setiap tahunnya. Ketidaktersediaan data pendukung terkait perkembangan pada beberapa tahun terakhir, maka disimpulkan ketersediaan CKS sama hingga tahun 2025. CKS sebagai bahan baku pembuatan katalis merupakan cangkang kerang bersih yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia.

I.3 Kegunaan dan Keunggulan Produk

Produk biodiesel yang dihasilkan pada pabrik ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar atau campuran solar seiring dengan Mandatori Biodiesel pemerintah. Penggunaan biodiesel sebagai bahan memiliki beberapa keuntungan yaitu ramah lingkungan dengan mengurangi polusi udara dan *greenhouse effect*. Selain kegunaan tersebut, keunggulan produk yakni sebagai berikut:

1. Bahan baku LTW yang merupakan limbah industri tekstil sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah tersebut.
2. Katalis yang digunakan dalam produksi biodiesel merupakan pemanfaatan limbah laut yaitu CKS.

I.4 Analisa Pasar dan Penentuan Kapasitas Produksi

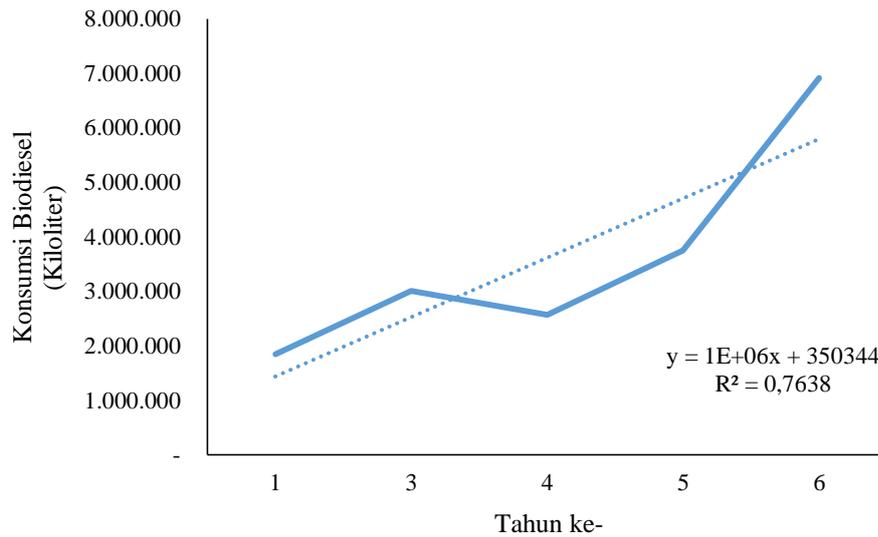
Analisa Kebutuhan Biodiesel di Indonesia dan Kapasitas Produksi

I.4.1 Konsumsi Biodiesel

Kebutuhan biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Data statistik konsumsi biodiesel yang dikeluarkan oleh Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI) dapat dilihat pada Tabel I.6 sebagai berikut

Tabel I. 6 Konsumsi Biodiesel Indonesia Tahun 2014-2019 (APROBI, 2019)

Tahun ke-	Konsumsi (Kiloliter)
1	1.845.000
2	-
3	3.008.000
4	2.572.000
5	3.750.000
6	6.922.639



Gambar I. 2 Kurva Konsumsi Biodiesel Tahun 2014-2019

Berdasarkan data tersebut kurva konsumsi biodiesel pada tahun 2014 hingga 2019 dapat diperoleh pada Gambar I.2. Persamaan yang diperoleh digunakan untuk memperkirakan kebutuhan biodiesel pada tahun 2025.

Dari persamaan diatas, diperkirakan pada tahun 2025 jumlah konsumsi biodiesel di Indonesia adalah sebesar:

$$y = 1,0 \times 10^6 \times (\text{tahun ke-}) + 350.344$$

$$y = 1,0 \times 10^6 \times (12) + 350.344$$

$$y = 12.350.344 \text{ Kiloliter}$$

I.4.2 Produksi Biodiesel Dalam Negeri

Produksi biodiesel di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan Mandatori Biodiesel pemerintah, program B20 berhasil dicapai pada tahun 2019 dan pada tahun 2020 sampai 2025 pemerintah menargetkan program B30. Menurut data APROBI, pada tahun 2019 produksi biodiesel Indonesia sebesar 9.623.454 Kiloliter dengan demikian produksi biodiesel Indonesia pada 2025 akan sebesar 1,5 kalinya. Perkiraan produksi biodiesel pada tahun 2025 dengan mempertimbangkan program B30 ditentukan sebagai berikut.

$$\text{Produksi} = 1,5 \times 9.623.454 \text{ Kiloliter}$$

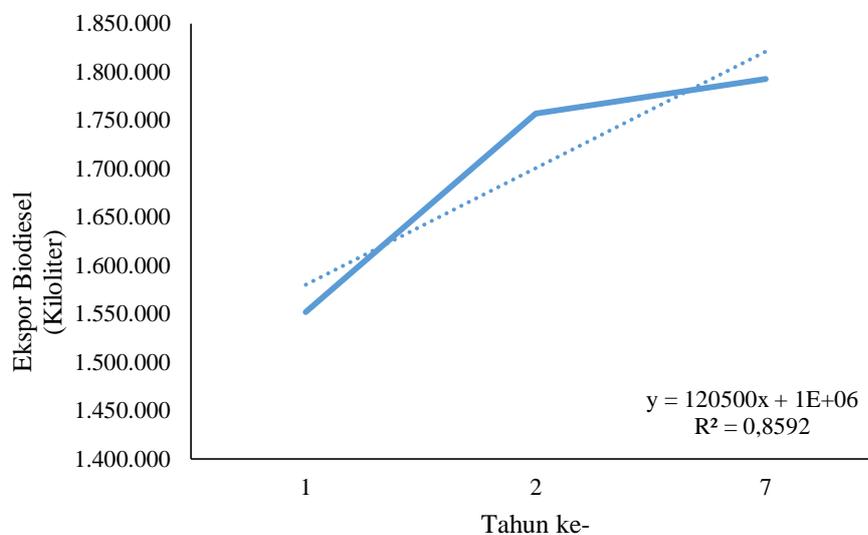
$$= 14.435.181 \text{ Kiloliter}$$

I.4.3 Ekspor Biodiesel

Data statistik terkait ekspor biodiesel menurut APROBI disajikan pada Tabel I.7. Berdasarkan data tersebut, kurva ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2012 hingga 2018 diperoleh pada Gambar I.3. Persamaan kurva digunakan untuk memperkirakan ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2025.

Tabel I. 7 Ekspor Biodiesel Indonesia Tahun 2012-2018 (APROBI, 2019)

Tahun ke-	Ekspor (Kiloliter)
1	1.552.000
2	1.757.000
3	-
4	-
5	-
6	-
7	1.793.000



Gambar I. 3 Kurva Ekspor Biodiesel Indonesia Tahun 2012-2018

Perkiraan pada tahun 2025 jumlah ekspor biodiesel di Indonesia adalah sebesar:

$$y = 120.500 \times (\text{tahun ke-}) + 1,0 \times 10^6$$

$$y = 120.500 \times (14) + 1,0 \times 10^6$$

$$y = 2.687.000 \text{ Kiloliter}$$

Berdasarkan data konsumsi, produksi dan ekspor biodiesel pada tahun 2025 ditentukan produksi biodiesel yang dibutuhkan melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kekosongan pasar} &= (\text{Ekspor 2025} + \text{Konsumsi 2025}) - (\text{Produksi 2025}) \\ &= (2.687.000 + 12.350.344) - (14.435.181) \end{aligned}$$

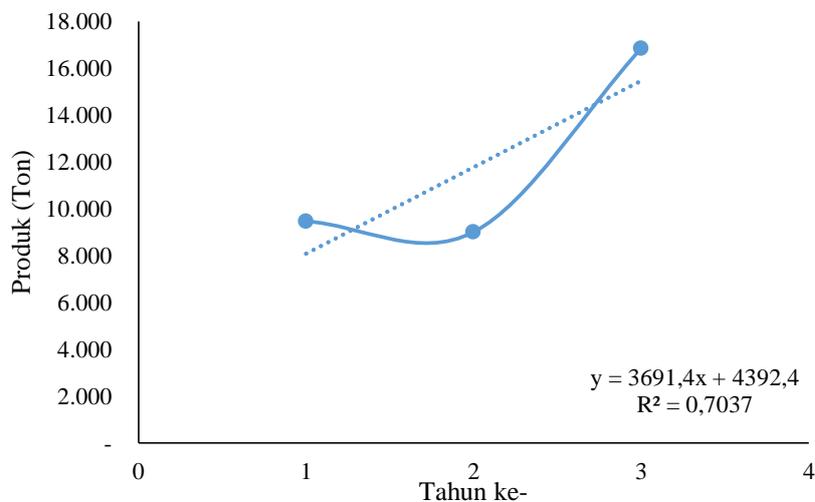
$$= 602.163 \text{ Kiloliter}$$

I.4.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi mempertimbangkan ketersediaan bahan baku yaitu LTW dan limbah CKS. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) (data diolah) diperoleh data produksi industri penyamakan kulit. Data Industri penyamakan kulit berdasarkan pada jenis Kulit Jadi dari Sapi tahun 2011-2013 adalah sebagai berikut.

Tabel I. 8 Produksi Industri Penyamakan Kulit (Kulit Jadi dari Sapi) (BPS, 2013)

Tahun ke-	Produksi (Ton)
1	9.457
2	9.009
3	16.850



Gambar I. 4 Produksi Industri Penyamakan Kulit (Kulit Jadi dari Sapi) tahun 2011-2013

Berdasarkan data tersebut, perkiraan produksi industri penyamakan kulit jenis Kulit Jadi dari Sapi pada tahun 2025 adalah sebesar:

$$y = 3691,4 \times (\text{tahun ke-}) + 4392,4$$

$$y = 3691,4 \times (15) + 4392,4$$

$$y = 59.763 \text{ Ton}$$

Dalam industri penyamakan kulit, per satu ton kulit mentah hanya menghasilkan 150 kg kulit jadi sedangkan 850 kg merupakan limbah padat dengan komposisi ditunjukkan pada Tabel I.9. Dengan demikian, ketersediaan LTW pada tahun 2025 adalah:

$$LTW = (59.763 \times \frac{850}{150}) \times \frac{60}{100}$$

$$= 338.657 \times \frac{60}{100}$$

$$= 203.194,2 \text{ Ton}$$

Tabel I. 9 Komposisi LTW (BioenergyConsult, 2020)

Komponen	Komposisi (%)
<i>Fleshing</i>	60
<i>Chrome shaving, chrome splits, buffing dust</i>	33
<i>Skin trimming</i>	5
<i>Hair</i>	2

Kapasitas produksi ditentukan berdasarkan pada perhitungan neraca massa pembuatan katalis CaO dari CKS dan pembuatan biodiesel dari LTW (Lampiran A). Berdasarkan perhitungan neraca massa pembuatan biodiesel per 1000 kg LTW diperoleh 408,9937 kg biodiesel atau 0,4811 kL (densitas biodiesel = 850 kg/m³) dengan kebutuhan katalis CaO 3,2%, berdasarkan perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Total pemakaian katalis} &= \text{Katalis pada Reaktor I} + \text{Katalis pada Reaktor II} \\ &= 0,7574 + 11,4866 \\ &= 12,244 \text{ kg} \\ \text{Jumlah LTW masuk reaktor} &= 382,8878 \text{ kg} \\ \text{\%Kebutuhan katalis} &= \frac{12,244 \text{ kg}}{382,8878 \text{ kg}} \times 100 \\ &= 3,2\% \end{aligned}$$

Berdasarkan neraca massa pembuatan katalis CaO dari CKS pada Lampiran A, diketahui per 1000 kg CKS diperoleh katalis CaO sebesar 570,8291 kg. Maka, kapasitas produksi berdasarkan ketersediaan bahan baku, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah katalis CaO yang dapat diproduksi} &= 2.780 \text{ ton} \times \frac{565,1209 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \\ &= 1.571.036 \text{ kg} \\ &= 1.571 \text{ ton} \\ \text{Kebutuhan LTW per \%kebutuhan katalis} &= \frac{1.571 \text{ ton}}{3,2\%} \\ &= 49.093,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan LTW maka dapat dihasilkan biodiesel dengan kapasitas produksi, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi} &= 49.093,75 \text{ ton} \times \frac{0,4811 \text{ kL}}{1 \text{ ton}} \\ &= 23.619,003 \text{ kL/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Presentase pemenuhan kebutuhan biodiesel} &= \frac{23.619,003 \text{ kL}}{602.163 \text{ kL}} \times 100\% \\ &= 3,922\%\end{aligned}$$

Kapasitas produksi pabrik biodiesel dari LTW dengan katalis CaO dari limbah CKS memenuhi 3,922% kekosongan pasar biodiesel Indonesia pada tahun 2025 yaitu 23.620 Kiloliter/tahun dengan pembulatan.