

LAMPIRAN II PERHITUNGAN

1. Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) Bahan Baku Minyak Jelantah

1.1 Menghitung ALB minyak jelantah sebelum dilakukan penyaringan

Diketahui:

Massa sampel = 5 gr

Normalitas NaOH = 0,1 N

BE asam lemak = 256 gr/ek (diasumsi asam palmitat)

(Sumber: Sari, 2014)

$$\begin{aligned}\text{Volume rata - rata} &= \frac{13,8 \text{ ml} + 14,2 \text{ ml} + 13,9 \text{ ml}}{3} \\ &= \frac{41,9 \text{ ml}}{3} \\ &= 13,967 \text{ ml}\end{aligned}$$

$$\% \text{ ALB} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BE Asam Lemak}}{m \text{ sampel}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

(Sumber: Suroso, 2013)

$$\begin{aligned}\% \text{ ALB} &= \frac{13,967 \text{ ml} \times \left(0,1 \frac{\text{ek}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}\right) \times 256 \frac{\text{gr}}{\text{ek}}}{5 \text{ gr}} \times 100 \\ &= 7,151\end{aligned}$$

1.2 Menghitung ALB minyak jelantah setelah dilakukan penyaringan

Diketahui:

Massa sampel = 5 gr

Normalitas NaOH = 0,1 N

$$\begin{aligned}\text{Volume rata - rata} &= \frac{4,1 \text{ ml} + 3,7 \text{ ml} + 4,3 \text{ ml}}{3} \\ &= \frac{12,1 \text{ ml}}{3} \\ &= 4,0333 \text{ ml}\end{aligned}$$

Menghitung %ALB dengan menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned} \% \text{ ALB} &= \frac{4,033 \text{ ml} \times \left(0,1 \frac{\text{ek}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}\right) \times 256 \frac{\text{gr}}{\text{ek}}}{5 \text{ gr}} \times 100 \\ &= 2,064 \end{aligned}$$

2. Jumlah Bahan yang Diperlukan

Diketahui:

$$\text{Berat minyak} = 1736,17 \text{ gr}$$

$$\text{Rasio minyak : metanol} = 6 : 1$$

$$\text{Persentase katalis yang digunakan} = 1\% \text{ berat minyak}$$

$$\text{Persentase metanol yang dilebihkan} = 10\%$$

a. Menghitung jumlah metanol yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{CH}_3\text{OH yang dibutuhkan} &= \frac{1}{6} \times \text{berat minyak} \\ &= \frac{1}{6} \times 1736,17 \text{ gr} \\ &= 289,42 \text{ gr} \end{aligned}$$

b. Menghitung jumlah katalis yang dibutuhkan

$$\text{NaOH} = 1\% \times \text{berat minyak}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{100} \times 1736,17 \text{ gr} \\ &= 17,362 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ NaOH} &= \frac{m \text{ NaOH}}{\text{BM NaOH}} \\ &= \frac{17,3617 \text{ gr}}{40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} \\ &= 0,434 \text{ mol} \end{aligned}$$

	NaOH	+	CH ₃ OH	→	NaOCH ₃	+	H ₂ O	
M	0,434		0,434		-		-	mol
B	0,434		0,434		0,434		0,434	mol -
S	-		-		0,434		0,434	mol
BM	40		32		54		18	gr/mol

$$\begin{aligned} \text{mol CH}_3\text{OH} &= \text{mol NaOCH}_3 \\ &= 0,434 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{mol CH}_3\text{OH} = \frac{m \text{ CH}_3\text{OH}}{\text{BM CH}_3\text{OH}}$$

$$0,4340 \text{ mol} = \frac{m \text{ CH}_3\text{OH}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}}$$

$$\begin{aligned} m \text{ CH}_3\text{OH} &= 0,434 \text{ mol} \times 32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \\ &= 13,889 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Metanol yang dilebihkan} &= \frac{10}{100} \times 13,889 \text{ gr} \\ &= 1,389 \text{ gr} \end{aligned}$$

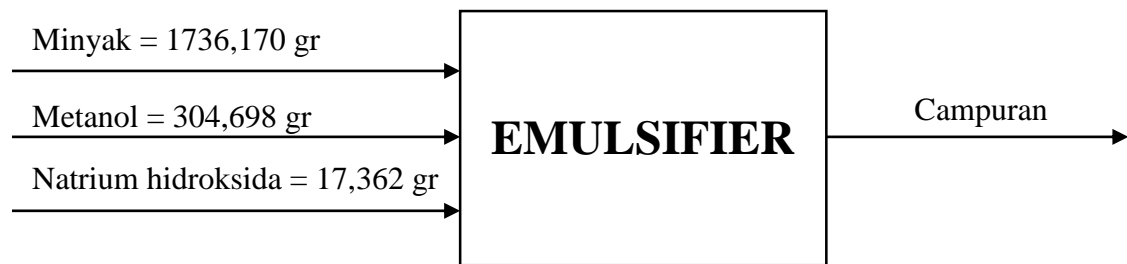
$$\begin{aligned} \text{Jumlah metanol yang dibutuhkan} &= 13,889 \text{ gr} + 1,389 \text{ gr} \\ &= 15,278 \text{ gr} \end{aligned}$$

3. Neraca Massa Teoritis dan Praktek

3.1 Menghitung neraca massa secara teoritis temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

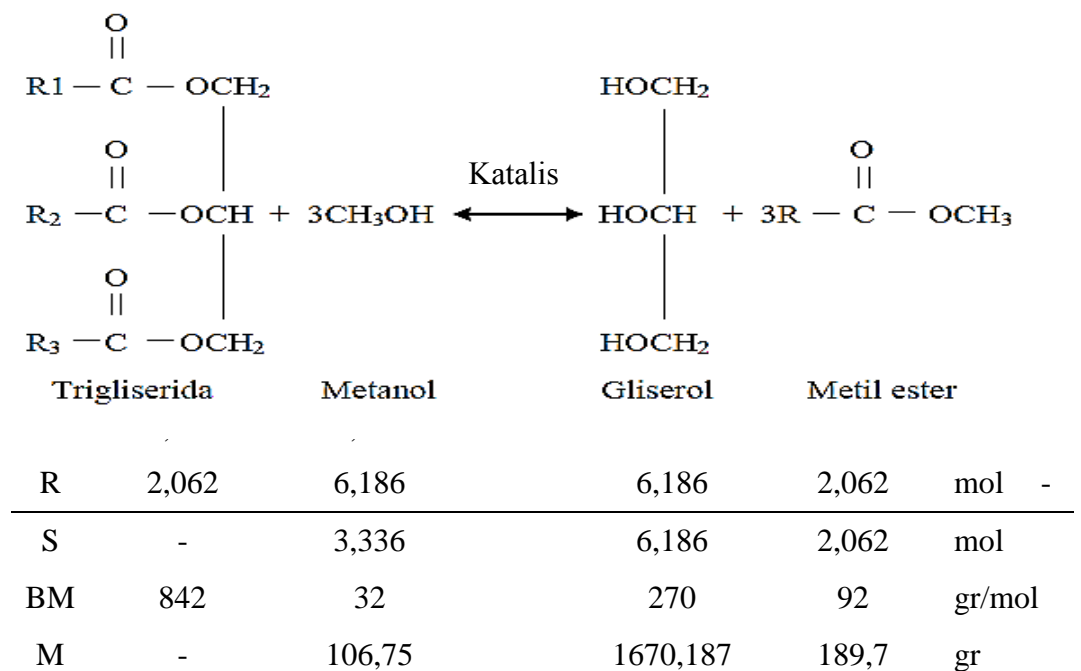
Berat minyak (trigliserida)	= 1736,170 gr
Berat molekul trigliserida	= 842 gr/mol (Sumber: Purwaningsih, 2012)
Berat metanol	= 304,698 gr
Berat molekul gliserol	= 92 gr/mol (Sumber: Wahyudi, 2009)
Berat molekul metil ester	= 270 gr/mol (Sumber: Purwaningsih, 2012)
Berat natrium hidroksida	= 17,362 gr



Gambar 20. Diagram Alir Neraca Massa Biodiesel

$$\begin{aligned}
 n \text{ minyak} &= \frac{m \text{ minyak}}{\text{BM minyak}} \\
 &= \frac{1736,170 \text{ gr}}{842 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} \\
 &= 2,062 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ metanol} &= \frac{m \text{ metanol}}{\text{BM metanol}} \\
 &= \frac{304,698 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} \\
 &= 9,522 \text{ mol}
 \end{aligned}$$



Tabel 12. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 35°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1736,170	84,034	-	-
2.	Metanol	304,698	14,748	106,750	5,167
3.	Natrium hidroksida	17,362	0,840	17,362	0,840
4.	Air	7,813	0,378	7,813	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1670,187	80,840
6.	Gliserol	-	-	189,700	9,182
7.	Pengotor	-	-	74,230	3,593
Total		2066,042	100	2066,042	100

3.2 Menghitung neraca massa secara praktek pada temperatur reaksi 35°C

Tabel 13. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 35°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1736,170	84,034	-	-
2.	Metanol	304,698	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	17,362	0,840	-	-
4.	Air	7,813	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1095,290	52,860
6.	Gliserol	-	-	833,750	40,238
7.	Berat yang hilang	-	-	143,002	6,902
Total		2066,042	100	2072,042	100

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan jumlah berat umpan yang berbeda, maka diperoleh neraca massa biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 14. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 40°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1782,270	84,034	-	-
2.	Metanol	312,788	14,748	109,584	5,167
3.	Natrium hidroksida	17,823	0,840	17,823	0,840
4.	Air	8,020	0,378	8,020	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1714,535	80,840
6.	Gliserol	-	-	194,737	9,182
7.	Pengotor	-	-	76,201	3,593
Total		2120,901	100	2120,901	100

Tabel 15. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 40°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1782,270	84,034	-	-
2.	Metanol	312,788	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	17,823	0,840	-	-
4.	Air	8,020	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1280,360	60,369
6.	Gliserol	-	-	689,330	32,502
7.	Berat yang hilang	-	-	151,211	7,130
Total		2120,901	100	2120,901	100

Tabel 16. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 45°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1788,410	84,034	-	-
2.	Metanol	313,866	14,748	109,962	5,167
3.	Natrium hidroksida	17,884	0,840	17,884	0,840
4.	Air	8,048	0,378	8,048	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1720,442	80,840
6.	Gliserol	-	-	195,408	9,182
7.	Pengotor	-	-	76,464	3,593
	Total	2128,208	100	2128,208	100

Tabel 17. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 45°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1788,410	84,034	-	-
2.	Metanol	313,866	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	17,884	0,840	-	-
4.	Air	8,048	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1433,320	67,349
6.	Gliserol	-	-	523,970	24,620
7.	Berat yang hilang	-	-	170,918	8,031
	Total	2128,208	100	2128,208	100

Tabel 18. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 50°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1734,590	84,034	-	-
2.	Metanol	304,421	14,748	106,653	5,167
3.	Natrium hidroksida	17,346	0,840	17,346	0,840
4.	Air	7,806	0,378	7,806	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1668,667	80,840
6.	Gliserol	-	-	189,528	9,182
7.	Pengotor	-	-	74,163	3,593
	Total	2064,162	100	2064,162	100

Tabel 19. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 50°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1734,590	84,034	-	-
2.	Metanol	304,421	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	17,346	0,840	-	-
4.	Air	7,806	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1289,710	62,481
6.	Gliserol	-	-	624,100	30,235
7.	Berat yang hilang	-	-	150,352	7,284
Total		2064,162	100	2064,162	100

Tabel 20. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 55°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1813,940	84,034	-	-
2.	Metanol	318,346	14,748	111,531	5,167
3.	Natrium hidroksida	18,139	0,840	18,139	0,840
4.	Air	8,163	0,378	8,163	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1745,002	80,840
6.	Gliserol	-	-	198,198	9,182
7.	Pengotor	-	-	77,556	3,593
Total		2158,589	100	2158,589	100

Tabel 21. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 55°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1813,940	84,034	-	-
2.	Metanol	318,346	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	18,139	0,840	-	-
4.	Air	8,163	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1538,910	71,292
6.	Gliserol	-	-	477,340	22,114
7.	Berat yang hilang	-	-	142,339	6,594
Total		2158,589	100	2158,589	100

Tabel 22. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 60°C Secara Teoritis

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1853,270	84,034	-	-
2.	Metanol	325,249	14,748	113,950	5,167
3.	Natrium hidroksida	18,533	0,840	18,533	0,840
4.	Air	8,340	0,378	8,340	0,378
5.	Biodiesel	-	-	1782,837	80,840
6.	Gliserol	-	-	202,495	9,182
7.	Pengotor	-	-	79,237	3,593
Total		2205,391	100	2205,391	100

Tabel 22. Neraca Massa pada Temperatur Reaksi 60°C Secara Praktek

No.	Komponen	Input		Output	
		Berat (gr)	(%)	Berat (gr)	(%)
1.	Minyak jelantah	1853,270	84,034	-	-
2.	Metanol	325,249	14,748	-	-
3.	Natrium hidroksida	18,533	0,840	-	-
4.	Air	8,340	0,378	-	-
5.	Biodiesel	-	-	1647,190	74,689
6.	Gliserol	-	-	409,110	18,550
7.	Berat yang hilang	-	-	149,091	6,760
Total		2205,391	100	2205,391	100

4. Persen Rendemen Biodiesel Secara Teoritis dan Praktek

4.1 Persen rendemen biodiesel secara teoritis pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

Berat minyak = 1736,170 gr

Berat biodiesel = 1670,187 gr

$$\text{Persen rendemen (\%)} = \frac{\text{Hasil biodiesel}}{\text{Berat minyak}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

(Sumber: Haryanto, 2015)

$$\text{Persen rendemen} = \frac{1670,187 \text{ gr}}{1736,170 \text{ gr}} \times 100$$

$$= 96,200$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan jumlah berat umpan yang berbeda, maka diperoleh persen rendemen biodiesel secara teoritis untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 23. Persen Rendemen Biodiesel Secara Teoritis

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Rendemen Biodiesel (%)
1.	35	96,200
2.	40	96,200
3.	45	96,200
4.	50	96,200
5.	55	96,200
6.	60	96,200

4.2 Persen rendemen biodiesel secara praktek pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

$$\text{Berat minyak} = 1736,170 \text{ gr}$$

$$\text{Berat biodiesel} = 1269,29 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Persen rendemen (\%)} &= \frac{\text{Hasil biodiesel}}{\text{Berat minyak}} \times 100 \\ &= \frac{1095,290 \text{ gr}}{1736,170 \text{ gr}} \times 100 \\ &= 63,087 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan jumlah berat umpan yang berbeda, maka diperoleh persen rendemen biodiesel secara praktek untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 24. Persen Rendemen Biodiesel Secara Praktek

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Rendemen Biodiesel (%)
1.	35	63,087
2.	40	71,839
3.	45	80,145
4.	50	74,352
5.	55	84,838
6.	60	88,880

5. Hasil Analisa Biodiesel

5.1 Menghitung angka asam biodiesel pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

Berat sampel = 5,1 gr

N KOH = 0,1 N

BE KOH = 56,1 gr/ek

V titran = 0,9 ml

$$\text{Angka asam} = \frac{V \text{ titran} \times N \text{ KOH} \times BE \text{ KOH}}{\text{Berat sampel}} \dots\dots\dots (5)$$

(Sumber: Wijayanti, 2008)

$$\begin{aligned} \text{Angka asam} &= \frac{0,9 \text{ ml} \times \left(0,1 \frac{\text{ek}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}\right) \times 56,1 \frac{\text{gr}}{\text{ek}}}{5,1 \text{ gr}} \\ &= \frac{0,0050 \text{ gr} - \text{KOH}}{5,1 \text{ gr} - \text{sampel}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ gr}} \\ &= 0,9812 \frac{\text{mg} - \text{KOH}}{\text{gr} - \text{sampel}} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka diperoleh angka asam biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 24. Angka Asam Biodiesel

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Angka Asam (mg-KOH/gr-sampel)
1.	35	0,981
2.	40	0,760
3.	45	0,658
4.	50	0,663
5.	55	0,439
6.	60	0,330

5.2 Menghitung kadar air biodiesel pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

$$\text{Berat cawan + biodiesel} = 52,24 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + biodiesel setelah reaksi} = 52,05 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat kering}}{\text{Berat awal}} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

(Sumber: Suastuti, 2009)

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{52,24 \text{ gr} - 52,05 \text{ gr}}{52,24 \text{ gr}} \times 100 \\ &= \frac{0,19 \text{ gr}}{52,24 \text{ gr}} \times 100 \\ &= 0,3637\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka diperoleh kadar air biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 25. Kadar Air Biodiesel

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Kadar Air (%)
1.	35	0,364
2.	40	0,325
3.	45	0,311
4.	50	0,433
5.	55	0,288
6.	60	0,265

5.3 Menghitung densitas biodiesel pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

Berat piknometer = 27,45 gr

Berat piknometer + biodiesel = 49,01 gr

Berat piknometer + air = 51,43 gr

Densitas air pada suhu 30°C = 0,9968 gr/cm³

(Sumber: Appendiks A.2-3 Geankoplis)

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2)$$

(sumber: Wijayanti, 2008)

$$\rho_{\text{Air}} = \frac{m_{\text{air}}}{v_{\text{air}}}$$

$$0,9968 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \frac{(51,43 \text{ gr} - 27,45 \text{ gr})}{v_{\text{air}}}$$

$$v_{\text{air}} = \frac{24 \text{ gr}}{0,9968 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}$$

$$= 24,077 \text{ cm}^3$$

$v_{\text{air}} = v_{\text{piknometer kosong}} = v_{\text{biodiesel}}$, maka:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Biodiesel}} &= \frac{m_{\text{biodiesel}}}{v_{\text{biodiesel}}} \\ &= \frac{(49,01 \text{ gr} - 27,45 \text{ gr})}{24,077 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

$$= \frac{21,56 \text{ gr}}{24,077 \text{ cm}^3}$$

$$= 0,8955 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka diperoleh densitas biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 26. Densitas Biodiesel

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Densitas (gr/cm ³)
1.	35	0,895
2.	40	0,891
3.	45	0,889
4.	50	0,891
5.	55	0,883
6.	60	0,882

5.4 Menghitung viskositas biodiesel pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

Diameter bola = 15,66 mm

Densitas bola = 8,1 gr/cm³

Jari-jari bola = 7,8 mm

Tetapan K = 0,0900 mPa.s.cm³/gr.s

Densitas biodiesel = 0,895 gr/cm³

Waktu tempuh bola = 4,64 s

Viskositas = $K(\rho_{\text{Bola}} - \rho_{\text{Biodiesel}})t$ (3)

(Sumber: Jurnal Teknik Pertanian Vol 3, No 1 : 27-34 diacu dalam Sinaga, 2014)

$$\text{Viskositas} = 0,0900 \frac{\text{mPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^3}{\text{gr} \cdot \text{s}} \times \left(8,1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 0,895 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \times 4,64 \text{ s}$$

$$= 3,009 \frac{\text{mPa}}{\text{s}}$$

Melakukan konversi viskositas dinamik ke viskositas kinematik dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \nu &= \frac{\mu}{\rho} \\
 &= \frac{3,009 \frac{\text{mPa}}{\text{s}}}{0,895 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \\
 &= 3,360 \text{ cSt}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka diperoleh viskositas biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 27. Viskositas Biodiesel

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Viskositas Biodiesel (cSt)
1.	35	3,360
2.	40	2,932
3.	45	2,715
4.	50	3,037
5.	55	2,656
6.	60	2,520

5.5 Menghitung volume biodiesel pada temperatur reaksi 35°C

Diketahui:

Massa biodiesel = 1095,29 gr

Densitas biodiesel = 0,895 gr/cm³

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Biodiesel}} &= \frac{m_{\text{biodiesel}}}{v_{\text{biodiesel}}} \\
 0,895 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} &= \frac{1095,29 \text{ gr}}{v_{\text{biodiesel}}} \\
 v_{\text{biodiesel}} &= \frac{1095,29 \text{ gr}}{0,895 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \\
 &= 1223,16 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$= 1223,16 \text{ ml}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka diperoleh densitas biodiesel untuk variasi temperatur reaksi 40, 45, 50, 55, dan 60°C.

Tabel 28. Volume Biodiesel

No.	Temperatur Reaksi (°C)	Volume Biodiesel (ml)
1.	35	1223,16
2.	40	1435,83
3.	45	1611,87
4.	50	1437,17
5.	55	1742,82
6.	60	1839,46