

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Bahan Baku Minyak

Penelitian ini menggunakan bahan baku minyak jarak (*castor oil*) dan minyak sawit (*palm oil*). Kedua bahan baku ini mempunyai karakteristik dan kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang sangat berbeda. Berikut ini merupakan pembahasan karakteristik dan kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak jarak dan minyak sawit.

4.1.1 Karakteristik Bahan Baku Minyak

Karakteristik dari minyak jarak dan minyak sawit meliputi densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor. Tabel 4.1 merupakan beberapa karakteristik bahan baku biodiesel dari hasil pengujian.

Tabel 4.1 Karakteristik bahan baku biodiesel jarak dan biodiesel sawit

<i>Properties</i>	Minyak Jarak (<i>Castor Oil</i>)	Minyak Sawit (<i>Palm Oil</i>)
Densitas 40°C (kg/m ³)	937,7	862,6
Viskositas 40°C (cSt)	193,5	46,6
<i>Flash point</i> (°C)	311,6	305,3
Nilai Kalor (Cal/g)	8896,47	9410,45

Dari tabel di atas dapat diperoleh bahwa minyak sawit memiliki viskositas, densitas dan *flash point* yang lebih rendah dari minyak jarak. Tetapi nilai kalor pada minyak sawit lebih tinggi dari minyak jarak. Oleh sebab itu, pemilihan minyak sawit sebagai bahan pencampur diharapkan dapat memberikan perubahan karakteristik pada biodiesel jarak.

4.1.2 Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh

Definisi dari asam lemak jenuh yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbonnya memiliki ikatan tunggal (jenuh). Sedangkan asam lemak tak jenuh ialah asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Kandungan dari asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh minyak jarak dan minyak sawit didapat setelah melakukan pengujian di Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) UGM dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Kandungan asam lemak minyak jarak dan minyak sawit (%)

No	Asam Lemak	Minyak Jarak (% Relatif)	Minyak Sawit (% Relatif)
1	Methyl Butyrate	36,08	1,12
2	Methyl Palmitate	6,1	35,27
3	Cis-9-Oleic Methyl Ester	18,83	43,82
4	Linolelaidic Acid Methyl Ester	0,99	-
5	Methyl Linolcate	26,8	-
6	Methyl Cis-11-eicocenoate	2,62	0,41
7	Methyl Linolenate	1,42	0,26
8	Methyl Octadecanoate	6,68	3,84
9	Cis-4-10-13-19-docosahexacnoate	0,49	-
10	Methyl Laurate	-	0,26
11	Methyl Tetradecanoate	-	0,76
12	Methyl Palmitoleate	-	0,26
13	Methyl Heptadecanoate	-	0,13
14	Gamma-Ienolenic Acid Methyl Ester	-	0,33
15	Methyl Lenoleate	-	12,51
16	Methyl Docosanoate	-	0,54
17	Methyl Cis 5-8-11-14-17 Eicosapentaenoate	-	0,4

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa asam lemak yang terdapat dalam minyak jarak didominasi oleh methyl butirat sebesar 36,08% dan methyl linolcate sebesar 26,8%. Sedangkan asam lemak yang terdapat dalam minyak sawit didominasi oleh cis-9-oleic methyl ester sebesar 43,82% dan methyl palmitate sebesar 35,27%. Asam lemak dari minyak jarak dan sawit selebihnya hanya memiliki kandungan sebesar <0,1%.

Tabel 4.3 Kandungan asam lemak bebas minyak jarak dan sawit

<i>Properties</i>	Asam Lemak Bebas	Satuan	Metode
Minyak Jarak (<i>Castor Oil</i>)	0,70	% b/v	Volumetrik
Minyak Sawit (<i>Palm Oil</i>)	0,06	% b/v	Volumetrik

Minyak nabati harus memiliki asam lemak bebas < 2% pada proses pembuatan biodiesel. Jika asam lemak bebas pada minyak nabati di atas >2%, maka harus dilakukan proses *esterifikasi* (Indrayati, 2009). Tabel di atas menunjukkan bahwa minyak jarak mempunyai kadar asam lemak bebas 0,70 % b/v dan minyak sawit 0,06 % b/v. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan, bahwa kedua bahan tersebut memenuhi syarat untuk dilangsungkan proses *transesterifikasi*.

4.2 Karakteristik Biodiesel Jarak Dan Biodiesel Sawit

Beberapa karakteristik penelitian yang telah dilakukan dari biodiesel jarak dan biodiesel sawit ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Karakteristik biodiesel jarak dan biodiesel sawit

Biodiesel	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (cSt)	<i>Flash Point</i> (°C)	Nilai Kalor (Cal/g)
Biodiesel Jarak	874,98	12,6	202,6	8685,49
Biodiesel Sawit	841,77	3,3	179	9197,53

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat perbandingan karakteristik dari biodiesel jarak dan biodiesel sawit. Hasil pengujian densitas, viskositas kinematik, *flash point* dan nilai kalor menunjukkan ada beberapa yang memenuhi SNI 7182 – 2015 dan ada beberapa yang tidak memenuhi standar. Pengujian densitas biodiesel jarak dan biodiesel sawit telah memenuhi standar yaitu bernilai 874,98 kg/m³ dan 841,77 kg/m³. Pengujian viskositas kinematik biodiesel minyak jarak (12,6 cSt), dan tidak memenuhi SNI 7182 – 2015 (2,3 – 6,0 cSt). Pengujian *flash point* biodiesel jarak dan biodiesel sawit keduanya sudah memenuhi SNI 7182-2015 yaitu (>100°C), dimana *flash point* biodiesel jarak (202,67°C) dan biodiesel sawit (179°C).

4.3 Karakteristik Campuran Biodiesel Jarak dan Biodiesel Sawit

Penelitian ini menggunakan campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit dengan perbandingan komposisi 50 : 50 (%). Karakteristik biodiesel yang diuji meliputi densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.

4.3.1 Densitas Campuran Biodiesel

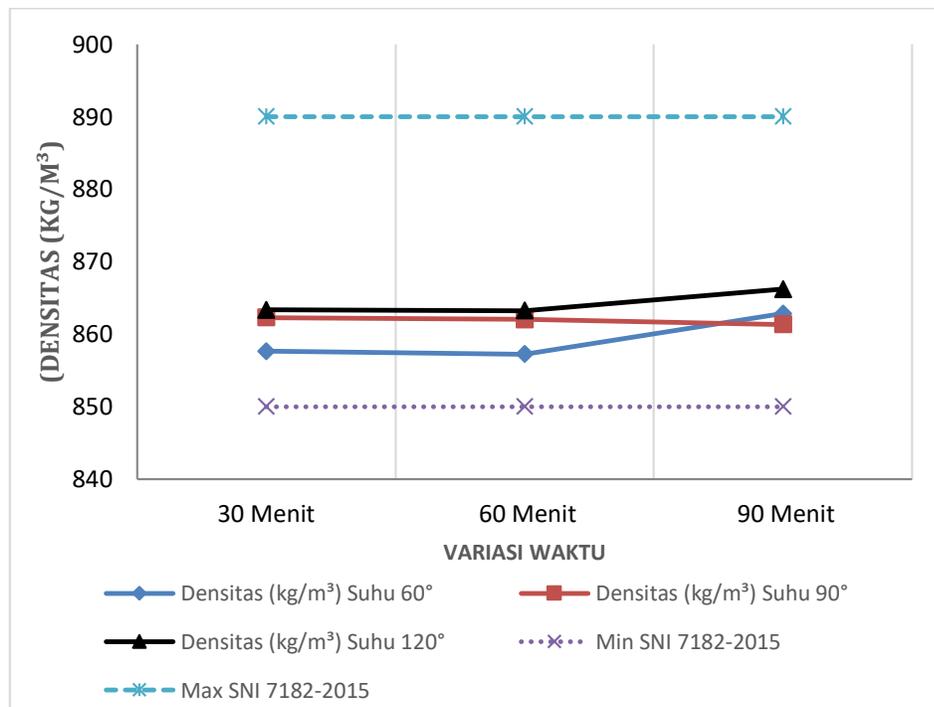
Densitas dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa terhadap volume. Jika suatu benda massa jenisnya semakin tinggi, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Tabel 4.5 dan Gambar 4.1 merupakan hasil dari pengujian densitas terhadap variasi temperatur dan waktu dari campuran biodiesel. Nilai densitas diperoleh dari persamaan 3.1.

Pada variasi temperatur 60°C dan waktu 30 menit campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit memiliki massa sebesar = 42,8815 g dan volume = 50 ml. Densitas dari massa dan volume tersebut dapat diperoleh perhitungan dan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{42,8815 \text{ g}}{50 \text{ ml}} = 0,85763 \text{ g/ml} = 857,63 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 4.5 Hasil pengujian densitas terhadap variasi temperatur dan waktu biodiesel jarak dan biodiesel sawit

No	Sampel	Suhu Pencampuran (°C)	Waktu Pencampuran (menit)	Densitas (kg/m ³)	SNI 7182 - 2015
1	BJBS60°30M	60	30	857,6	850 - 890
2	BJBS60°60M		60	857,2	
3	BJBS60°90M		90	862,8	
4	BJBS90°30M	90	30	862,3	
5	BJBS90°60M		60	862,0	
6	BJBS90°90M		90	861,3	
7	BJBS120°30M	120	30	863,3	
8	BJBS120°60M		60	863,2	
9	BJBS120°90M		90	866,2	



Gambar 4.1 Grafik pengujian densitas

Berdasarkan Gambar 4.1 bahwa nilai densitas pada semua variasi memenuhi SNI 7182 – 2015. Nilai densitas tertinggi mencapai 866,202 kg/m³ pada temperatur 120°C dan waktu 90 menit, dan nilai densitas terendah pada variasi temperatur 60°C dan waktu 60 menit yaitu bernilai 857,24 kg/m³. Semakin tinggi suhu reaksi campuran, maka nilai densitas cenderung mengalami kenaikan. Perbedaan densitas ini karena dipengaruhi oleh asam lemak dan kemurnian bahan baku. Seiring meningkatnya densitas maka panjang rantai karbon mengalami penurunan dan ikatan rangkap pada asam lemak mengalami peningkatan. Selain itu, semakin tidak jenuh minyak yang digunakan maka densitas akan semakin tinggi (Tazora, 2011). Densitas setiap variasi cenderung naik pada tiap kenaikan temperatur, kecuali pada temperatur 90°C dan waktu 90 menit mengalami penurunan. Hasil konversi densitas yang naik turun disebabkan juga oleh proses transesterifikasi yaitu kualitas metanol dan KOH sehingga berpengaruh terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan juga (Satriana, dkk, 2012). Keberadaan gliserol dalam biodiesel mempengaruhi densitas biodiesel karena gliserol memiliki densitas yang cukup tinggi (1,26 g/cm³), sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari biodiesel, maka densitas biodieselpun akan meningkat (Sudradjat, 2010).

4.3.2 Viskositas Campuran Biodiesel

Viskositas merupakan salah satu parameter yang penting dalam pembuatan biodiesel. Viskositas merupakan suatu ukuran kekentalan pada fluida. Semakin tinggi viskositas suatu fluida, maka semakin kental dan semakin sukar mengalir. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit dari berbagai variasi temperatur dan waktu, diperoleh hasil viskositas kinematik yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian viskositas terhadap variasi temperatur dan waktu biodiesel jarak dan biodiesel sawit

No	Sampel	Viskositas Dinamik (mPa.s)	Viskositas Kinematik (cSt)	SNI 7182 - 2016
1	BJBS60°30M	6,3	7,4	2,3 - 6 cSt
2	BJBS60°60M	6,2	7,2	
3	BJBS60°90M	5,8	6,8	
4	BJBS90°30M	5,6	6,6	
5	BJBS90°60M	6,0	6,4	
6	BJBS90°90M	6,0	6,9	
7	BJBS120°30M	6,0	6,9	
8	BJBS120°60M	5,3	6,2	
9	BJBS120°90M	7,0	7,7	

Nilai dari viskositas kinematik dapat diperoleh berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan:

v = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

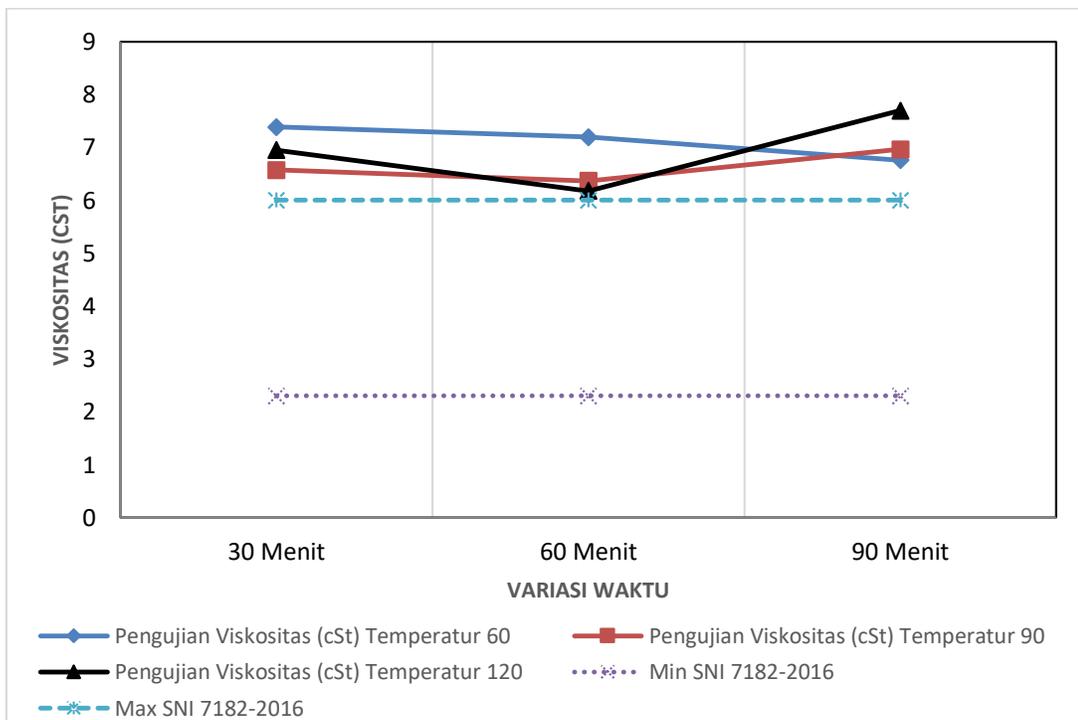
ρ = massa jenis (kg/m³)

Pada campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit pada variasi temperatur 60°C dan waktu 90 menit memiliki viskositas dinamik sebesar 5,83 mPa.s dan densitas sebesar 862,82 kg/m³. Viskositas kinematik dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$1 \text{ mPa.s} = 1\text{cP}$$

$$\nu = \frac{5,83 \text{ mPa.s}}{862,82 \text{ kg/m}^3} = 0,00676 \times 1000 = 6,760 \text{ cSt}$$

Jadi, viskositas kinematik yang diperoleh dari variasi temperatur 60°C dan waktu 90 menit adalah 6,760 cSt. Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh grafik hubungan antara temperatur dan waktu reaksi terhadap viskositas biodiesel dan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik viskositas kinematik campuran biodiesel

Nilai viskositas kinematik sangat dipengaruhi oleh nilai densitas, dimana nilai densitas semakin rendah maka nilai viskositas kinematik akan semakin tinggi begitu pula sebaliknya. Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa viskositas pada temperatur 90°C mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu, dan sangat berbanding terbalik pada temperatur 60°C. Hal ini disebabkan karena variasi suhu dan waktu

untuk pembuatan biodiesel semakin kecil maka nilai viskositas besar, berbanding terbalik dengan reaksi variasi suhu dan waktu semakin besar maka nilai viskositas rendah. Pada suhu dan waktu yang kecil pencampuran antara minyak nabati dengan campuran metanol dan katalis belum mencapai kesetimbangan atau belum sempurna untuk memisahkan antara biodiesel dan gliserol. Menurut penelitian (Encinar dkk, 2005) waktu optimum yang dapat menghasilkan konversi terbesar terjadi waktu 60 menit dan reaksi telah berlangsung sempurna. Pada pengujian viskositas kinematik, semua variasi tidak ada yang memenuhi standar atau melebihi batas maksimum SNI 7182-2016. Hanya satu yang mendekati standar maksimum yaitu pada temperatur 120°C dan waktu 60 menit yang bernilai 6,178 cSt.

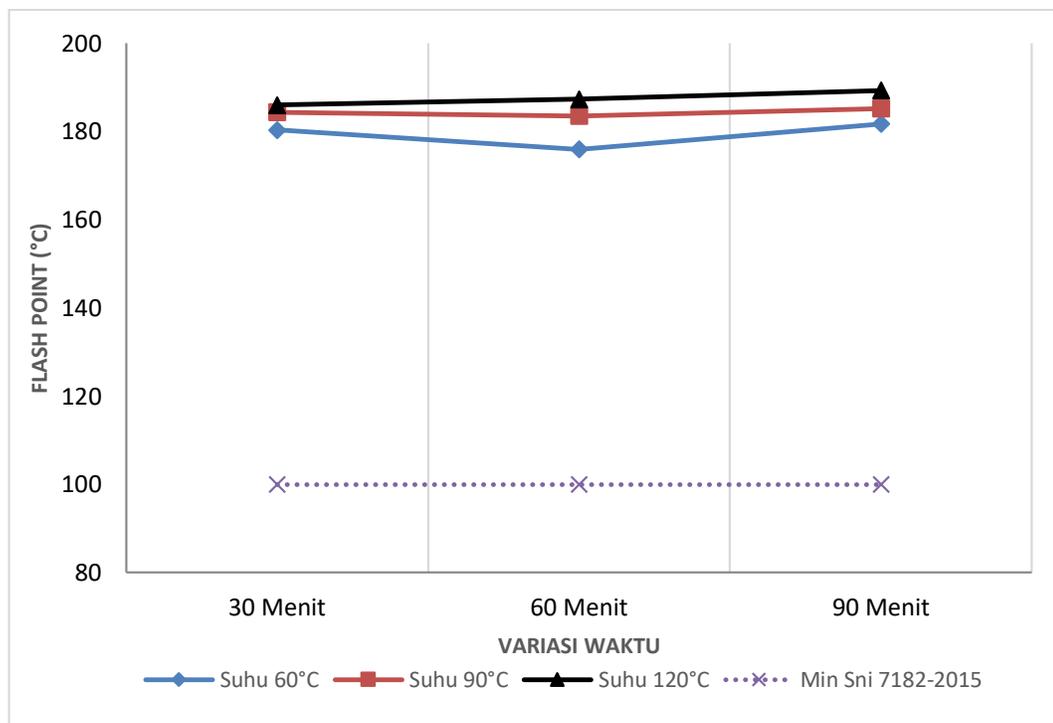
Viskositas kinematik untuk molekul tak jenuh meningkat seiring dengan semakin meningkatnya jumlah dan posisi ikatan rangkap pada rantai karbon yang sama (Knothe dan Steidley, 2005). Campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit didominasi oleh *cis-9-oleic methyl ester*. Asam lemak *cis-9-oleic methyl ester* memiliki susunan satu ikatan rangkap didalam rantai karbonnya, sehingga viskositas kinematik menjadi lebih tinggi melebihi batas maksimum SNI 7182-2016.

4.3.3 *Flash Point* Campuran Biodiesel

Flash point dapat didefinisikan sebagai nilai yang menyatakan tercapainya temperatur titik nyala dimana akan timbul penyalaaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. Nilai *flash point* dapat disebut juga sebagai temperatur terendah dimana biodiesel akan mulai menyala. Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit dari berbagai variasi temperatur dan waktu, diperoleh nilai *flash point* yang dapat dilihat pada Tabel 4.7. dan grafik hasil pengujian pada Gambar 4.3.

Tabel 4.7 Hasil pengujian *flash point* terhadap variasi temperatur dan waktu biodiesel jarak dan biodiesel sawit

No	Sampel	Flash Point (°C)	SNI 7182-2015
1	BJBS60°30M	180,3	>100
2	BJBS60°60M	175,9	
3	BJBS60°90M	181,7	
4	BJBS90°30M	184,3	
5	BJBS90°60M	183,5	
6	BJBS90°90M	185,2	
7	BJBS120°30M	185,9	
8	BJBS120°60M	187,3	
9	BJBS120°90M	189,3	



Gambar 4.3 Grafik *flash point* campuran biodiesel

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada setiap variasi sampelnya. Pada hasil pengujian *flash point* ini dari 9 sampel yang sudah diuji semuanya memenuhi standar mutu biodiesel SNI 7182-2015 ($>100^{\circ}\text{C}$), dan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur dan waktunya maka semakin besar pula nilai *flash point*. Nilai viskositas juga berpengaruh pada titik nyala api pada biodiesel jarak dan biodiesel sawit dimana semakin rendah nilai viskositas yang didapat maka semakin rendah juga suhu untuk mencapai nilai titik nyalanya biodiesel. Nilai yang paling tinggi ditunjukkan pada temperatur 120°C dan waktu 90 menit yaitu bernilai $189,26^{\circ}\text{C}$.

Flash Point atau titik nyala sangat erat kaitannya dengan keamanan dan keselamatan terutama dalam penggunaan dan penyimpanan bahan bakar. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar (Setiawati, 2012).

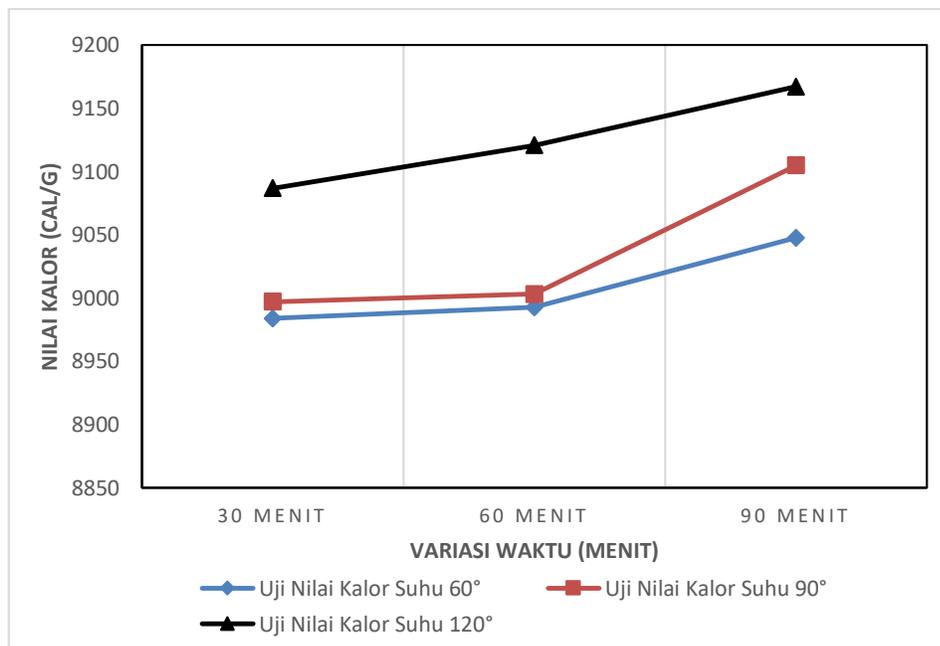
4.3.4 Nilai Kalor Campuran Biodiesel

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Hasil dari nilai kalor tersebut menggunakan alat *Bom Calorimeter*. Hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.8 Hasil pengujian *flash point* terhadap variasi temperatur dan waktu biodiesel jarak dan biodiesel sawit

No	Sampel	Nilai Kalor (Kal/g)
1	BJBS60°30M	8983,9236
2	BJBS60°60M	8992,6401
3	BJBS60°90M	9047,6541
4	BJBS90°30M	8997,1781

No	Sampel	Nilai Kalor (Kal/g)
5	BJBS90°60M	9003,0839
6	BJBS90°90M	9104,8716
7	BJBS120°30M	9086,8869
8	BJBS120°60M	9120,7318
9	BJBS120°90M	9167,0552



Gambar 4.4 Grafik nilai kalor campuran biodiesel

Nilai kalor yang dihasilkan pada penelitian ini mengalami peningkatan seiring bertambahnya temperatur dan semakin lama waktu reaksi maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Nilai kalor tertinggi terjadi pada temperatur 120°C dan waktu 90 menit yaitu sebesar 9167,0552 (Kal/g), sedangkan nilai kalor terendah pada temperatur 60°C dan waktu 30 menit yaitu 8983,9236 (Kal/g). Hal yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kalor karena masih adanya kandungan air yang terdapat pada campuran biodiesel jarak dan biodiesel sawit setelah melalui proses

pencucian. Proses transesterifikasi dengan variasi waktu dan suhu paling rendah nilai kalor biodiesel juga mengalami penurunan. Faktor penyebabnya yaitu kandungan senyawa atom hidrokarbon dalam biodiesel. Waktu reaksi yang berkisar 30 menit menyebabkan reaksi belum mencapai kesetimbangan karena menurut penelitian (Encinar, dkk, 2005) waktu optimum yang dapat menghasilkan konversi terbesar terjadi waktu 60 menit dan reaksi telah berlangsung sempurna.

Nilai kalor terbaik pada penelitian ini terjadi pada temperatur 120°C karena menurut penelitian (Irvansyah, 2014), nilai kalor suatu bahan bakar menunjukkan jumlah energi panas yang dilepaskan pada setiap satuan berat bahan bakar apabila terbakar sempurna sehingga semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka energi yang dilepaskan per-satuan berat bahan bakar semakin tinggi.