

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Sebelum pengujian karakteristik *spray* dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengujian viskositas bahan bakar untuk mengetahui variasi viskositas bahan bakar yang akan digunakan dalam pengujian. Pengujian viskositas bahan bakar menggunakan viscometer dengan cara menghitung waktu aliran bahan bakar didalam viscometer yang selanjutnya diolah menjadi viskositas seperti yang terlihat pada tabel 4.1. Berikut adalah tabel hasil pengujian viskositas bahan bakar :

Tabel 4.1 Data uji viskositas

Bahan Bakar	Pengujian	Viskositas (Cst)
Minyak jarak murni	1	50.42352
	2	50.42367
	3	50.42364
	Rata-rata	50.42361
Minyak jarak esterifikasi	1	24.23201
	2	24.183
	3	24.24835
	Rata-rata	24.22112
Biosolar	1	4.711729
	2	4.945683
	3	5.067166
	Rata-rata	4.9081927

Setelah diketahui nilai viskositas bahan bakar, maka dilakukan pengujian karakteristik *spray* bahan bakar pada twin fluid atomizer. Yang diatur terlebih dahulu sebelum pengujian dilakukan adalah debit bahan bakar yang akan divariasikan. Penentuan debit bahan bakar dengan menggunakan manometer yang selumnya telah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Data yang akan dicari adalah karakteristik ukuran droplet meliputi skewness dan standar deviasi. Selain itu diamati pula sudut *spray* yang terjadi. Data hasil pengujian pengaruh viskositas bahan bakar terhadap karakteristik *spray* pada twin fluid atomizer adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian

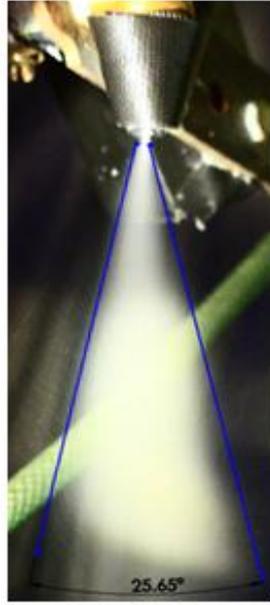
Bahan Bakar	Q (ml/menit)	Δh (mm)	Sudut <i>Spray</i> ($^{\circ}$)	GLR
Minyak Jarak	190	7	19,26	245,61
	250	13	24,13	186,67
	340	24	22,8	137,25
	400	33	24,13	116,67
	440	39	26,65	106,06
Minyak Jarak Esterifikasi	190	6	20,99	245,61
	250	11	22,15	186,67
	340	22	23,1	137,25
	400	30	24,63	116,67
	440	38	26,09	106,06
Bio Solar	190	4	21,06	245,61
	250	10	22,38	186,67
	340	21	23,71	137,25
	400	29	24,77	116,67
	440	35	27,64	106,06

Contoh pembahasan minyak jarak murni dengan debit 440 ml/menit, meliputi foto pengambilan data diameter droplet, foto sudut *spray*, perhitungan debit, median, standar deviasi, dan skewness. Pada gambar 4.1 adalah foto pengambilan data diameter droplet :



Gambar 4.1 Foto pengambilan diameter droplet.

Gambar 4.2 adalah pengambilan data sudut *spray* pada minyak jarak murni dengan debit 440 ml/menit

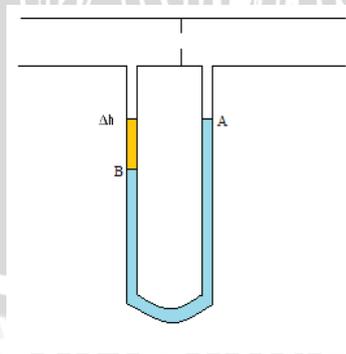


Gambar 4.2 Foto pengambilan data sudut *spray*.

4.2 Contoh Perhitungan Data

A. Data perhitungan

Contoh perhitungan data diambil dari data *twin fluid atomizer* dengan bahan bakar minyak jarak murni dan debit air 440 ml/menit dengan menggunakan manometer seperti pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Manometer

Dimana Δh adalah beda ketinggian antara tinggi A dan tinggi B yang yang kemudian dapat diolah menjadi Q teoritis

$$Q \text{ udara} = 2,8 \text{ m}^3/\text{jam} = 46666,67 \text{ ml}/\text{menit}$$

$$GLR = \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{bahan bakar}}} = \frac{46666,667}{440} = 106,06$$

$$\text{Massa jenis minyak jarak murni} = 957 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Massa jenis minyak jarak murni esterifikasi} = 890 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Massa jenis biosolar} = 880 \text{ kg}/\text{m}^3$$

➤ Contoh perhitungan data diambil dari data *twin fluid atomizer* dengan minyak jarak murni dan debit air 340 ml/menit.

➤ $Q \text{ aktual} = 440 \text{ ml}/\text{menit} = 7,3 \text{ ml}/\text{s} = 7,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

• **Q air teoritis**

Data yang telah diketahui :

a. $P_{\text{bahan bakar}} = \text{massa jenis minyak jarak pada } 27^\circ \text{ C} = 950 \text{ kg}/\text{m}^3$

b. $g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$

c. $D_0 = \text{diameter lubang orifice} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$

d. $D_1 = \text{diameter penampang pipa sebelum orifice} = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m}$

✓ $\beta = \frac{D_0}{D_1} = \frac{0,003}{0,006} = 0,5$

✓ Luas penampang *vena contracta* (A_{vc})

$$A_{vc} = \frac{\pi}{4} (D_0)^2 = \frac{3,14}{4} (0,003)^2 = 7,065 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

✓ Kecepatan aliran minyak jarak (v_a)

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \cdot (\rho_m \cdot g \cdot \Delta h)}{\rho_a (1 - \beta^4)}}$$

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \cdot (950 \cdot 9,81 \cdot 0,043)}{1000 \cdot (1 - (0,5)^4)}}$$

$$v_a = 0,850 \text{ m}/\text{s}$$

✓ Debit teoritis aliran minyak jarak (Q_{teo})

$$Q_{teo} = A_{vc} \cdot v_a$$

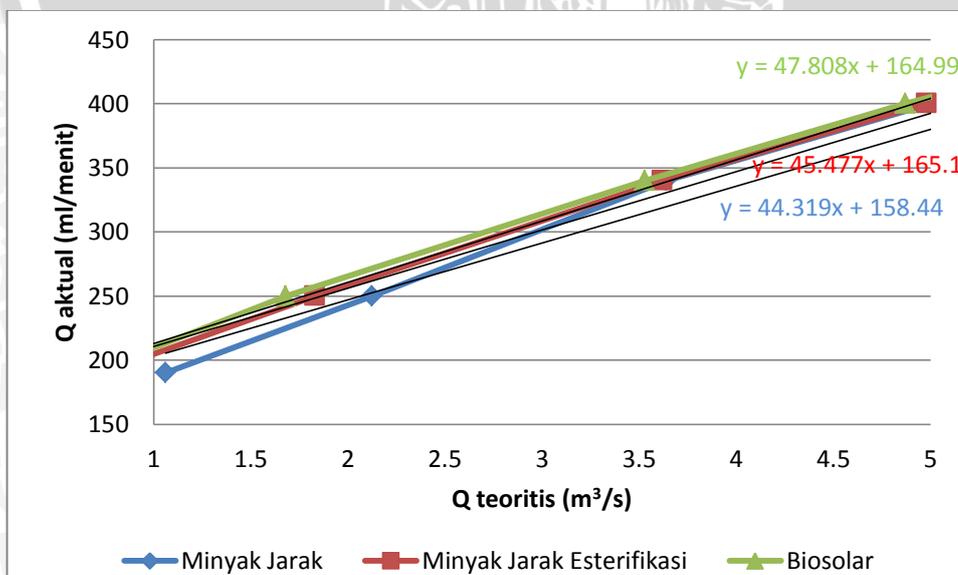
$$Q_{teo} = (7,065 \cdot 10^{-6}) \cdot 0,850 = 6,005 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Data beda ketinggian air pada manometer, debit alir air teoritis, dan debit alir air aktual ditampilkan pada tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.3 Data beda ketinggian air pada manometer, debit alir bahan bakar teoritis, dan debit alir bahan bakar actual

Bahan Bakar	Δh (mm)	Qaktual (ml/menit)	Qt (m^3/s)
Minyak Jarak Murni	7	190	1.061
	13	250	2.123
	24	340	3.64
	33	400	5.004
	39	440	6.85
Minyak Jarak Esterifikasi	6	190	0.73
	11	250	1.83
	22	340	3.62
	30	400	4.98
	38	440	6.31
Biosolar	4	190	0.67
	10	250	1.68
	21	340	3.53
	29	400	4.87
	35	440	5.88

- Hubungan debit bahan bakar teoritis (Q_{teoritis}) terhadap debit bahan bakar actual (Q_{aktual})



Gambar 4.4 Grafik hubungan debit bahan bakar teoritis (Q_{teoritis}) terhadap debit bahan bakar actual (Q_{aktual})

Dalam kalibrasi manometer, didapatkan persamaan

$$Q = f(\Delta h) \quad (1)$$

Karena bahan bakar yang digunakan memiliki viskositas yang berbeda, maka nilai $f(\Delta h)$ juga berbeda-beda. Nilai x pada persamaan $f(\Delta h)$ menyatakan beda ketinggian pada manometer (mm). Persamaan $f(\Delta h)$ didapat dari hasil regresi setelah dilakukan kalibrasi pada manometer. Pada minyak jarak murni didapatkan persamaan,

$$Q = 44,31x + 158,4 \quad (2)$$

Pada minyak jarak *esterifikasi* didapatkan persamaan,

$$Q = 45,47x + 165,1 \quad (3)$$

Pada minyak *biosolar* didapatkan persamaan,

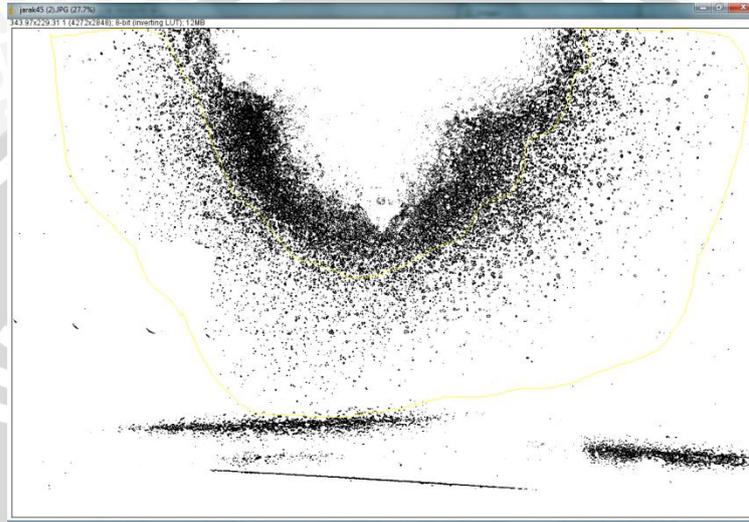
$$Q = 47,80x + 164,9 \quad (4)$$

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa semakin tinggi beda ketinggian air pada manometer, maka debit air yang tertampung pada gelas ukur akan semakin besar. Semakin besar beda tekanan pada orifice, maka beda ketinggian pada manometer juga akan semakin tinggi. Berdasarkan hukum Bernoulli semakin besar beda tekanan pada aliran fluida yang mengalir pada suatu penampang akan menyebabkan kecepatan aliran fluida meningkat. Jika semakin besar kecepatan aliran fluida pada suatu luas penampang yang sama maka debit yang dialirkan akan semakin besar sesuai dengan hukum kontinuitas.

- Menentukan diameter rata-rata *droplet* (\bar{D})
 - ✓ Pengolahan data diameter rata-rata *droplet* menggunakan *software* ImageJ

Untuk memperoleh ukuran diameter *droplet*, sebelum diolah menggunakan *software* image J perlu dilakukan pengambilan visualisasi dengan menggunakan kamera. Pengambilan gambar dilakukan dengan cara meletakkan kaca transparan secara tegak lurus dengan ujung nosel pada jarak 50 cm. Kaca transparan digunakan untuk menghindarkan *droplet* bahan bakar menumbuk lensa kamera. Pengambilan visualisasi *droplet* dilakukan sesaat sebelum *droplet* menumbuk kaca. Hal ini dilakukan dengan cara terlebih dahulu kaca transparan ditutup dengan mika dan pengambilan visualisasi *droplet* diambil sesaat sebelum mika diambil sampai beberapa frame setelah mika diambil. Sehingga akan memperoleh visualisasi *droplet* awal sebelum menumbuk kaca. Setelah proses pengambilan visualisasi, foto yang dihasilkan diproses dengan menggunakan ImageJ, salah satu contoh hasil visualisasi terdapat pada gambar

4.4. Pada ImageJ gambar droplet yang didapatkan dari hasil visualisasi diproses dengan merubah warna droplet dan sisi kaca sehingga hanya ada dua warna pada foto. Setelah gambar menjadi hitam putih, dibuat area yang akan dihitung diameter dropletnya. Area yang diambil adalah area terluar karena area terluar sangat jelas terlihat dropletnya, berbeda dengan area yang berada didalam karena droplet terlalu menumpuk sehingga sulit untuk dianalisa.



Gambar 4.5 Pengolahan gambar droplet dengan *software* ImageJ.

Pada gambar 4.5 adalah salah satu potongan gambar dari area yang telah dipilih untuk dianalisa.



Gambar 4.6 Potongan gambar area analisa.

Pada gambar 4.6, warna hitam menunjukkan *droplet* bahan bakar sehingga gambar tersebut dapat diolah pada *software* ImageJ untuk memperoleh ukuran diameter dari *droplet* bahan bakar. *Droplet* bahan bakar berukuran *polydisperse*, oleh karena itu dicari rata-ratanya agar memudahkan dalam menghubungkan dengan parameter lainnya. *Software* ImageJ akan mengkuantifikasi diameter *droplet* dan diameter rata-ratanya.

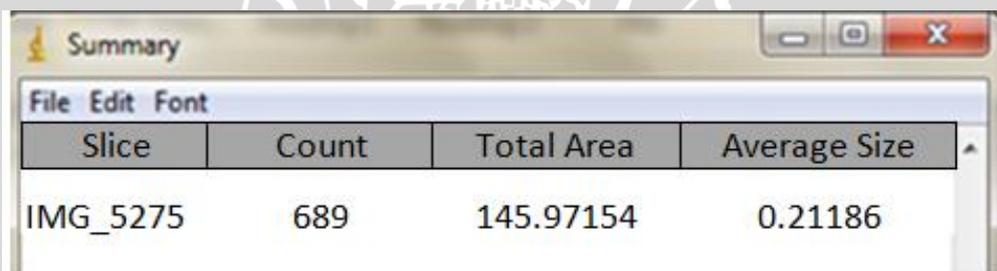
Hasil dari foto proses dengan *software* ImageJ sudah dalam bentuk satuan panjang (mm). Gambar pada kamera terjadi skala perbesaran dari ukuran sebenarnya dan satuan pada kamera adalah satuan piksel, sehingga untuk

mengetahui perubahan yang terjadi digunakan lubang besi siku sebagai media pembanding dengan ukuran sebenarnya sebesar 8 mm. Berikut adalah contoh hasil kuantifikasi diameter *droplet* 5 data awal dan 5 akhir yang dihasilkan menggunakan *software* ImageJ.

No	Area
1	0.562666
2	0.215371
3	0.017633
4	0.741342
5	0.073289
.	.
.	.
.	.
685	0.028735
686	0.474594
687	0.306666
688	0.469629
689	0.309417

Gambar 4.7 Hasil diameter *droplet* menggunakan *software* ImageJ.

Setelah diketahui diameter masing-masing *droplet*, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata diameter *droplet* dalam area yang telah ditetapkan



Summary			
File Edit Font			
Slice	Count	Total Area	Average Size
IMG_5275	689	145.97154	0.21186

Gambar 4.8 Hasil kuantifikasi diameter rata-rata *droplet* menggunakan *software* ImageJ.

Setelah didapatkan luas area *droplet* menggunakan *software imageJ*, data diolah menjadi diameter dan dikelompokkan dengan interval 0,11 untuk menghitung diameter rata-rata *droplet*

Tabel 4.4 Perhitungan statistik data diameter *droplet*

kelas diameter <i>droplet</i>	fo	Fk	m_i	m_i^2	$f_i \cdot m_i$	$f_i \cdot m_i^2$
0 - 0.1	0	0	0.05	0.0025	0	0
0.1 - 0.12	0	0	0.11	0.0121	0	0
0.12-0.14	0	0	0.13	0.0169	0	0
0.14-0.16	1	1	0.15	0.0225	0.15	0.0225
0.16-0.18	0	1	0.17	0.0289	0	0
0.18-0.2	1	2	0.19	0.0361	0.19	0.0361
0.2-0.22	0	2	0.21	0.0441	0	0
0.22-0.24	1	3	0.23	0.0529	0.23	0.0529
0.24-0.26	0	3	0.25	0.0625	0	0
0.26-0.28	0	3	0.27	0.0729	0	0
0.28-0.3	1	4	0.29	0.0841	0.29	0.0841
0.3-0.32	1	5	0.31	0.0961	0.31	0.0961
0.32-0.34	2	7	0.33	0.1089	0.66	0.2178
0.34-0.36	1	8	0.35	0.1225	0.35	0.1225
0.36-0.38	2	10	0.37	0.1369	0.74	0.2738
0.38-0.4	1	11	0.39	0.1521	0.39	0.1521
0.4-0.42	2	13	0.41	0.1681	0.82	0.3362
0.42-0.44	4	17	0.43	0.1849	1.72	0.7396
0.44-0.46	2	19	0.45	0.2025	0.9	0.405
0.46-0.48	4	23	0.47	0.2209	1.88	0.8836
0.48-0.5	7	30	0.49	0.2401	3.43	1.6807
0.5-0.52	4	34	0.51	0.2601	2.04	1.0404
0.52-0.54	6	40	0.53	0.2809	3.18	1.6854
0.54-0.56	13	53	0.55	0.3025	7.15	3.9325
0.56-0.58	17	70	0.57	0.3249	9.69	5.5233
0.58-0.6	11	88	0.59	0.3481	6.49	3.8291
0.6-0.62	14	102	0.61	0.3721	8.54	5.2094
0.62-0.64	20	122	0.63	0.3969	12.6	7.938
0.64-0.66	21	143	0.65	0.4225	13.65	8.8725
0.66-0.68	24	167	0.67	0.4489	16.08	10.7736
0.68-0.7	35	202	0.69	0.4761	24.15	16.6635
0.7-0.72	105	307	0.71	0.5041	74.55	52.9305
0.72-0.74	100	407	0.73	0.5329	73	53.29
0.74-0.76	50	457	0.75	0.5625	37.5	28.125
0.76-0.78	49	506	0.77	0.5929	37.73	29.0521
0.78-0.8	36	542	0.79	0.6241	28.44	22.4676
0.8-0.82	23	565	0.81	0.6561	18.63	15.0903
0.82-0.84	23	588	0.83	0.6889	19.09	15.8447
0.84-0.86	9	597	0.85	0.7225	7.65	6.5025
0.86-0.88	16	613	0.87	0.7569	13.92	12.1104
0.86-0.9	16	629	0.91	0.8281	14.56	13.2496
0.9-0.92	14	643	0.93	0.8649	13.02	12.1086
0.92-0.94	11	654	0.93	0.8649	10.23	9.5139
0.94-0.96	12	666	0.95	0.9025	11.4	10.83
0.96-0.98	7	673	0.97	0.9409	6.79	6.5863
0.98-1	16	689	0.99	0.9801	15.84	15.6816
Σ					503.659	253,672

1. Perhitungan diameter rata-rata *droplet*

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

$$\bar{D} = \frac{503,659}{689}$$

$$\bar{D} = 0,731 \text{ mm}$$

Keterangan

\bar{D} = diameter rata-rata *droplet*

D_i = diameter ke- i

N = jumlah data

2. Median

$$\begin{aligned} \text{Median} &= L_0 + \left(\frac{\frac{1}{2}n - F_k}{F_0} \right) \\ &= 0,41 + \left(\frac{\frac{1}{2}689 - 242}{91} \right) \\ &= 1,536 \end{aligned}$$

Keterangan :

L_0 = Batas bawah kelas median

n = Jumlah data

F_k = Frekuensi kumulatif sebelum kelas median

F_0 = Frekuensi kelas median

3. Standar Deviasi

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi} &= \sqrt{\frac{n \cdot \sum f_i \cdot m_i^2 - (\sum f_i \cdot m_i)^2}{n \cdot (n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{689 \cdot 253.672 - (503.659)^2}{793 \cdot (793 - 1)}} \\ &= 0,155 \end{aligned}$$

Keterangan :

n = Jumlah data

F_i = Frekuensi kelas

m_i = Nilai tengah kelas

4. Skewness

$$\begin{aligned} \text{Skewness} &= \frac{3(\text{mean} - \text{median})}{st.dev} \\ &= \frac{3(0,41 - 1,536)}{0,136} \\ &= -2,31 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Tabel pengolahan data

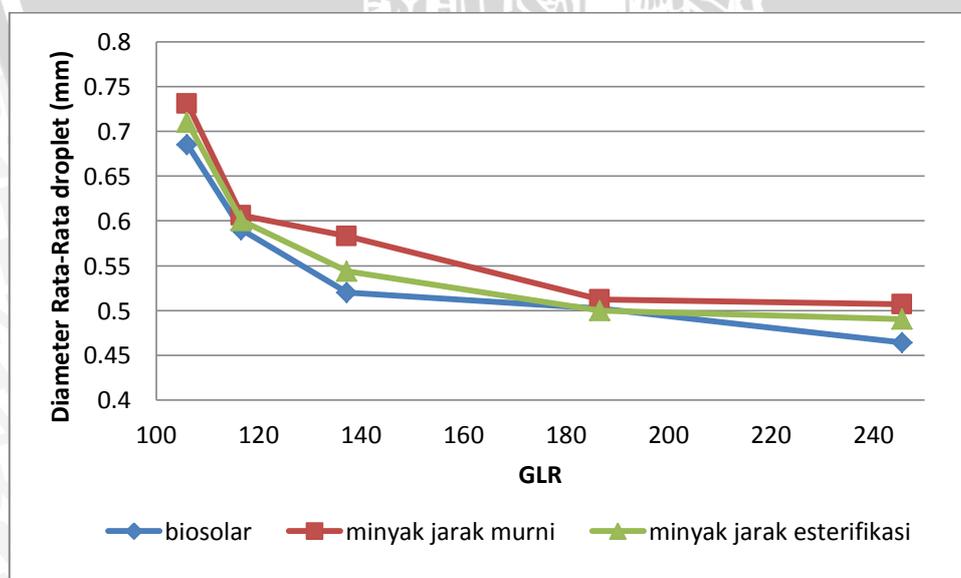
Berdasarkan perhitungan pengolahan data diatas, maka didapatkan diameter rata-rata, skewness, dan standar deviasi pada masing-masing bahan bahak tiap debit yang berbeda.

Berikut adalah hasil keseluruhan pengolahan data :

Debit (ml/menit)	BahanBakar								
	MinyakJarak			MinyakJarakEsterifikasi			Bio Solar		
	D _{rata-rata} (mm)	Skew	S. deviasi	D _{rata-rata} (mm)	Skew	S. deviasi	D _{rata-rata} (mm)	Skew	S. deviasi
190	0.507	-0.635	0.079	0.49	-0.424	0.071	0.464	-0.419	0.06
250	0.512	-0.91	0.084	0.5	-0.88	0.082	0.502	-0.72	0.082
340	0.583	-1.06	0.088	0.544	-0.94	0.091	0.52	-0.924	0.089
400	0.606	-2.14	0.123	0.6	-1.884	0.121	0.59	-1.1	0.089
440	0.731	-2.31	0.155	0.71	-2.21	0.143	0.685	-1.17	0.102

4.3. Pembahasan

4.3.1 Hubungan debit bahan bakar dengan diameter rata-rata droplet



Gambar 4.9 Garfik hubungan GLR dengan diameter rata-rata droplet.

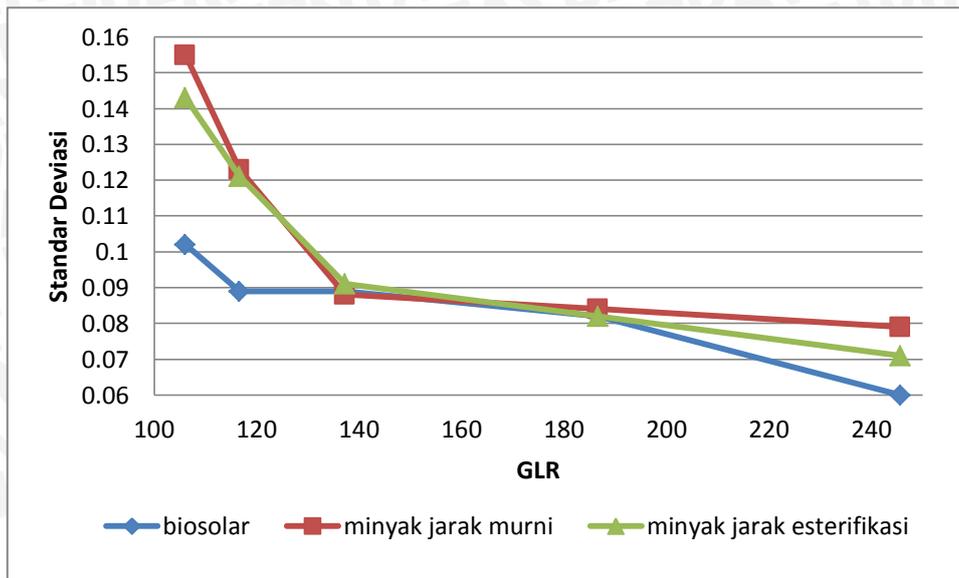
Gambar 4.9 menunjukkan semakin besar nilai GLR semakin kecil diameter droplet yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan peningkatan debit bahan bakar menyebabkan ratio bahan bakar dengan udara serta kecepatan bahan bakar semakin meningkat. Peningkatan bahan bakar tidak disertai dengan penambahan tekanan udara sehingga udara semakin sulit untuk memecah bahan bakar menjadi droplet, yang menyebabkan diameter droplet semakin besar.

Semakin tinggi nilai viskositas dari suatu bahan bakar, maka semakin besar pula diameter rata-rata droplet bahan bakar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi viskositas semakin sulit bahan bakar terdeformasi oleh udara untuk dirubah menjadi droplet. Grafik diatas menunjukkan diameter rata-rata paling kecil pada debit yang sama adalah biosolar. Viskositas biosolar yang rendah akan menyebabkan semakin mudah terpecah menjadi droplet sehingga diameter droplet yang dihasilkan semakin kecil. Hal tersebut karena semakin rendah viskositas bahan bakar, semakin mudah bahan bakar tersebut terdeformasi oleh udara, sehingga udara semakin mudah untuk merubah bahan bakar menjadi droplet.

Diameter rata-rata paling besar pada debit yang sama adalah minyak jarak murni. Viskositas minyak jarak murni yang tinggi mengakibatkan semakin sulit terpecah menjadi droplet sehingga diameter droplet yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut karena semakin tinggi viskositas bahan bakar, semakin sulit bahan bakar tersebut terdeformasi oleh udara, sehingga udara semakin sulit untuk merubah bahan bakar menjadi droplet.

Diameter rata-rata droplet terendah adalah biosolar dengan debit 190 ml/menit (0,464mm), sedangkan rata-rata diameter droplet tertinggi adalah minyak jarak murni dengan debit 440 ml/menit (0,731 mm)

4.3.2 Hubungan debit bahan bakar dengan standar deviasi



Gambar 4.10 Grafik hubungan GLR dengan standar deviasi.

Pada gambar 4.10, peningkatan GLR juga diikuti dengan semakin rendah standar deviasi. Hal tersebut karena dengan peningkatan debit bahan bakar, berarti massa bahan bakar semakin besar dan kecepatan bahan bakar semakin tinggi. Udara tidak dapat memecah bahan bakar dengan sempurna secara merata karena tumbukan udara banyak terpusat untuk memecah bahan bakar bagian luar aliran bahan bakar. Sehingga pada bagian luar aliran bahan bakar dapat terpecah menjadi *droplet* dengan ukuran kecil, sedangkan pada bagian dalam aliran bahan bakar tidak terpecah secara sempurna oleh udara yang menyebabkan pada bagian dalam aliran bahan bakar terbentuk *droplet* dengan ukuran besar.

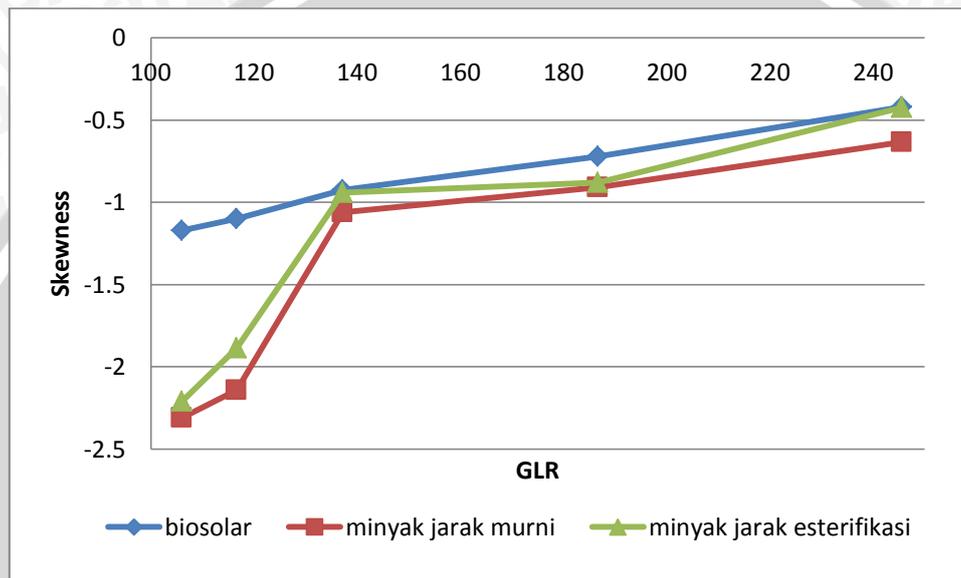
Standar deviasi yang terkecil pada debit yang sama adalah *biosolar*. Hal ini dikarenakan dengan viskositas yang sangat rendah, semakin mudah bahan bakar tersebut *terdeformasi* oleh udara sehingga ukuran *droplet* yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Dengan lapisan *liquid (biosolar)* yang tidak kental mengakibatkan udara dengan mudah memecah *liquid* untuk menjadi *droplet* sehingga terjadi keseragaman diameter *droplet* yang dihasilkan.

Sedangkan nilai standar deviasi yang tertinggi pada debit yang sama terjadi pada minyak jarak murni. Hal ini dikarenakan viskositas dari minyak jarak sangat tinggi, sehingga minyak jarak akan sulit terpecah oleh udara menjadi *droplet* sehingga diameter *droplet* yang terbentuk juga semakin beragam. Hal tersebut menyebabkan variasi ukuran diameter *droplet* semakin banyak dan standar deviasi juga semakin besar. Viskositas yang tinggi mengakibatkan bahan bakar yang terpecah menjadi *droplet* tidak seragam karena udara yang menabrak minyak jarak murni hanya mampu menjadikan *droplet* terpecah menjadi halus

pada bagian luar aliran minyak jarak murni, sedangkan udara tidak dapat memecah aliran bahan bakar bagian dalam dengan sempurna sehingga mengakibatkan terbentuknya diameter *droplet* dengan ukuran besar.

Nilai terendah standar deviasi adalah biosolar dengan debit 190 ml/menit (0,06), sedangkan nilai standar deviasi tertinggi adalah minyak jarak murni dengan debit 440 ml/menit (0,155)

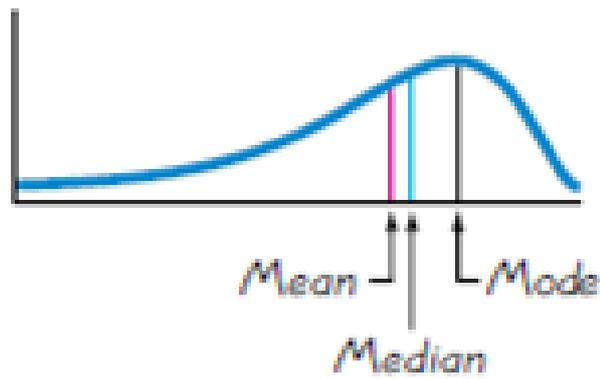
4.3.3 Hubungan debit bahan bakar dengan skewness



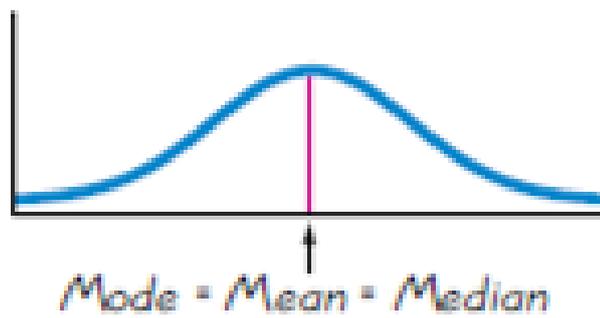
Gambar 4.11 Grafik hubungan GLR dengan skewness.

Gambar 4.11 menjelaskan hubungan antara debit bahan bakar dengan *skewness*. Grafik diatas menunjukkan bahwa peningkatan debit bahan bakar, maka nilai *skewness* dari bahan bakar tersebut akan semakin meningkat. *Skewness* menunjukkan tidak simetrisnya suatu data dari mean. Semakin positif nilai *skewness* berarti semakin banyak variasi data yang lebih besar dari mean. Pada grafik diatas ditunjukkan semakin besar debit bahan bakar maka nilai *skewness* semakin negatif. Hal tersebut karena semakin tinggi debit bahan bakar, massa dari bahan bakar semakin besar dengan massa udara yang sama sehingga hasil dari tumbukan udara dengan aliran bahan bakar yang semakin tebal mengakibatkan banyak terbentuknya *droplet* dengan ukuran kecil di bagian luar aliran bahan bakar sehingga *droplet* dengan diameter besar sedikit terbentuk.

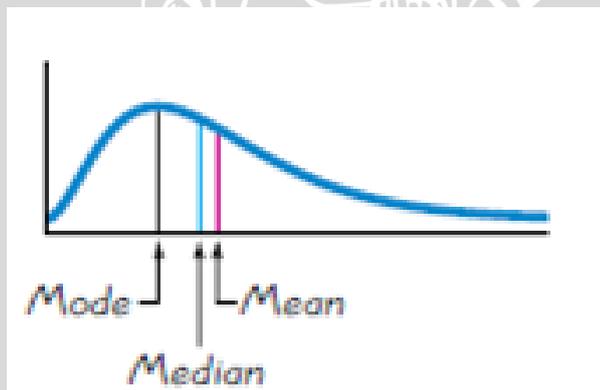
Semakin banyaknya ragam *droplet* yang berukuran kecil sehingga kelas interval yang terletak disebelah kirimean juga semakin banyak yang menyebabkan nilai *skewness* semakin positif. Berikut adalah contoh histogram yang memiliki nilai negatif hingga positif :



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.12 Contoh *Skewness*

- (a) *Skewness* bernilai negatif.
- (b) *Skewness* bernilai mendekati 0.
- (c) *Skewness* bernilai positif.

Sumber : Smarta (2010)

Pada gambar 4.12 terlihat bahwa gambar (a) kelas interval lebih banyak di sebelah kiri mean, sehingga nilai dari *sklewness* adalah negatif. Pada gambar (b) terlihat bahwa nilai

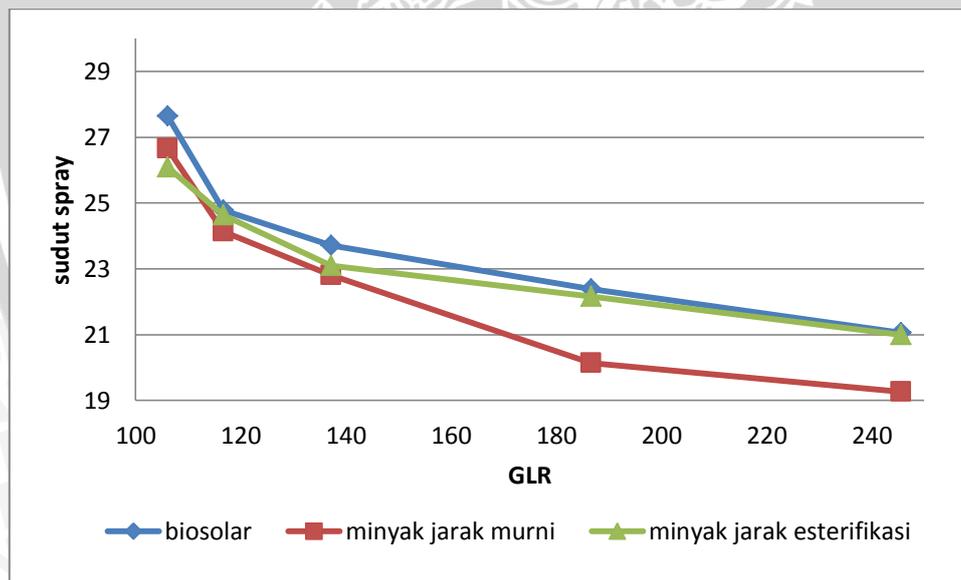
kelas antara kelas interval disebelah kanan maupun kiri adalah sama sehingga nilai skewness mendekati 0. Sedangkan pada gambar (c) kelas interval lebih banyak terdapat disebelah kanan mean sehingga nilai skewness semakin positif.

Skewness terkecil pada debit yang sama adalah minyak jarak murni. Hal ini disebabkan karena viskositas minyak jarak murni yang tinggi sehingga *gayakohesi* juga sangat besar yang mengakibatkan minyak jarak murni mudah terpecah menjadi *droplet* saat ditabrak oleh udara dibagian terluar lapisan bahan bakar karena tumbukan antara udara dengan bahan bakar.

Skewness terbesar pada debit yang sama adalah *biosolar*. Hal ini disebabkan nilai viskositas *biosolar* yang terlalu kecil sehingga *biosolar* dapat terpecah lebih seragam saat bertumbukan dengan udara. Karena lebih seragam ukuran *droplet* biosolar sehingga nilai skewness biosolar juga mendekati 0.

Nilai skewness terendah adalah minyak jarak murni dengan debit 440 ml/menit (-2,31). Sedangkan skewness terbesar adalah biosolar dengan debit 190 ml/menit (0,419)

4.3.4 Hubungan debit bahan bakar dengan sudut *spray*



Gambar 4.13 Grafik hubungan GLR dengan sudut *spray*.

Pada gambar 4.13 ditunjukkan semakin besar GLR maka sudut *spray* juga akan semakin kecil. Hal tersebut karena semakin tinggi debit bahan bakar, kecepatan aksial dan kecepatan radial bahan bakar semakin besar sehingga pada saat bertumbukan dengan udara, sudut *spray* yang dihasilkan semakin besar. Perbandingan peningkatan kecepatan radial

spray lebih besar daripada kecepatan aksial sehingga menyebabkan sudut *spray* lebih besar pada saat terjadi peningkatan debit.

Pada debit yang sama, sudut *spray* terbesar adalah *biosolar*. Hal tersebut karena dengan viskositas yang rendah, maka *biosolar* semakin mudah *terdeformasi* oleh udara. Hal tersebut menyebabkan *biosolar* sangat mudah terpecah saat bertumbukan dengan udara. Sehingga pada saat udara menabrak bahan bakar, dengan mudah bahan bakar terpecah menjadi *droplet* sehingga sudut yang dihasilkan oleh bahan bakar akan semakin besar.

Sedangkan sudut *spray* terkecil pada debit yang sama adalah minyak jarak murni. Hal ini dikarenakan minyak jarak murni memiliki viskositas yang tinggi. Berbanding terbalik dengan *biosolar*, semakin tinggi viskositas bahan bakar maka bahan bakar tersebut semakin sulit *terdeformasi*. Hal tersebut yang menyebabkan minyak jarak murni sulit untuk *terdeformasi* menjadi *droplet* dan sudut *spray* yang dihasilkan juga semakin kecil. Kecepatan radial *biosolar* lebih besar daripada kecepatan radial minyak jarak esterifikasi dan minyak jarak murni pada saat proses atomisasi sehingga menyebabkan sudut *spray* yang dihasilkan *biosolar* lebih besar daripada minyak jarak esterifikasi dan minyak jarak murni.

Sudut *spray* terkecil adalah minyak jarak dengan debit 190 ml/menit ($19,26^\circ$), sedangkan sudut *spray* terbesar adalah *biosolar* dengan debit 440 ml/menit ($27,64^\circ$).

