

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Variasi sudut kondensor dalam penelitian ini yaitu : 0°, 15°, dan 30° serta aliran air dalam kondensor yaitu aliran searah dengan laju uap (*parallel flow*) Dengan sampah plastik aluminium foil dengan debit air pendingin 12 LPM. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis plastik.

4.2 Data Terkalibrasi

4.2.1 Percobaan 1, Debit 12 LPM Sudut 0°

Pengujian pada debit 12 LPM, sudut 0° minyak yang dihasilkan adalah 183 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Sudut 0°

Debit 12 LPM, sudut 0°, gas yang terpakai 1,715 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
Waktu (Menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	28,24	29,72	29,62	26,76	38,0	0,00	0	0,00
10	40,90	29,82	29,93	26,66	167,0	88,81	0	0,00
20	56,19	29,92	30,13	25,22	218,0	173,24	0	0,00
30	67,03	30,02	30,33	25,12	241,0	257,66	20	9,62
40	79,79	30,13	30,54	25,22	262,0	342,09	39	28,37
50	58,42	30,32	30,63	25,63	273,0	257,04	28	41,83
60	57,71	30,53	30,74	26,14	281,0	171,98	26	54,33
70	52,24	30,73	30,94	26,25	284,0	171,56	24	65,87
80	49,61	30,94	31,04	26,35	287,0	86,51	20	75,48
90	49,20	31,14	31,24	26,25	288,0	86,09	19	84,62
100	47,28	31,34	31,44	26,25	286,0	85,67	7	100,00

Percobaan pertama menggunakan bahan 1 kg plastik aluminium foil yang dipotong dengan ukuran sekitar 8cm x 8cm. Pembakaran dilakukan dengan kompor gas yang disesuaikan suhunya antara 300°C - 350°C. Minyak mulai menetes pada menit ke 26 dan terus meningkat sampai menit ke 40, kemudian produksi minyak menurun. Pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat dan hanya menghasilkan 7 ml. Total minyak yang didapat selama percobaan pirolisis 0° adalah 183 ml. Setelah kondensor dibuka ternyata ada minyak yang tertinggal didalamnya sebanyak 25 ml sehingga total produksi minyak menjadi 208 ml.

4.2.2 Percobaan 2, Debit 12 LPM Sudut 15°

Pengujian pada debit 12 LPM, sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 242 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Sudut 15°

Debit 12 LPM, sudut 15°, gas yang terpakai 1,75 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
Waktu (Menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	27,43	29,42	29,22	27,17	28,0	0,00	0	0,00
10	42,01	29,52	29,73	26,25	224,0	174,07	0	0,00
20	50,72	29,62	29,93	27,68	253,0	258,50	17	7,02
30	69,66	29,82	30,23	27,89	282,0	342,72	27	18,18
40	79,79	29,72	30,13	28,30	294,0	342,93	36	33,06
50	90,83	30,02	30,74	28,40	323,0	596,21	48	52,89
60	70,07	30,23	30,84	28,40	327,0	511,16	42	70,25
70	67,03	30,43	30,94	28,81	334,0	426,10	27	81,40
80	61,46	30,73	31,04	28,92	332,0	256,20	24	91,32
90	50,42	30,84	31,04	28,92	240,0	171,35	16	97,93
100	45,86	31,14	31,35	28,92	236,0	170,73	5	100,00

Percobaan kedua pada pirolisis plastik aluminium foil menggunakan debit 12 LPM dengan sudut kemiringan kondensor 15°. Suhu pembakaan dijaga pada 300°C-350°C. Minyak mulai menetes pada menit ke 16 dan menghasilkan minyak

total mencapai 242 ml. Tidak ada minyak yang tersisa di dalam kondensor, minyak mengalir lancar ke penampung karena kemiringan kondensor 15°.

4.2.3 Percobaan 3, Debit 12 LPM Sudut 30°

Pengujian pada debit 12 LPM, sudut 30° menghasilkan minyak sebanyak 220 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Sudut 30°

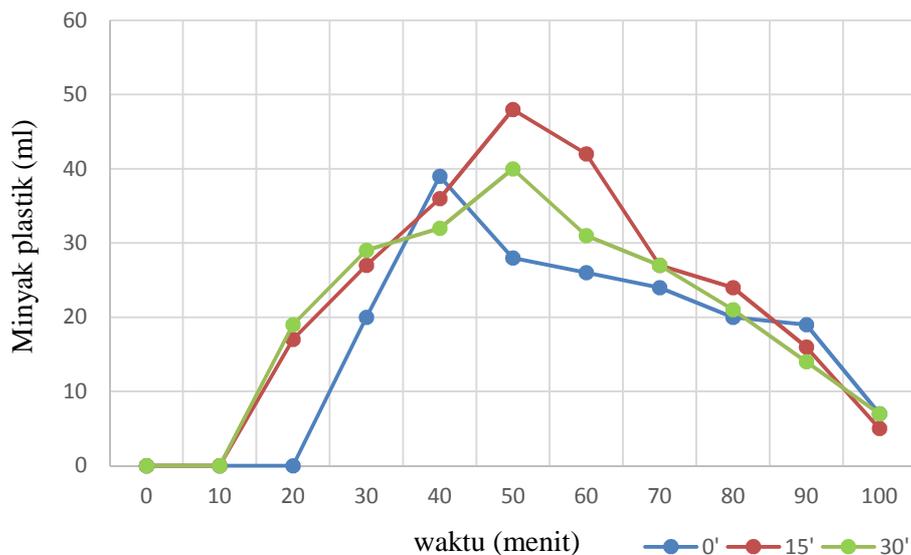
Debit 12 LPM, sudut 30°, gas yang terpakai 1,705 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
Waktu (Menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	29,76	31,04	30,94	29,84	29,0	0,00	0	0,00
10	35,83	31,14	31,35	29,74	108,0	170,73	0	0,00
20	47,08	31,34	31,65	28,81	137,0	254,95	19	8,64
30	75,03	31,24	31,55	29,64	182,0	255,16	29	21,82
40	79,69	31,45	31,95	29,43	207,0	424,01	32	36,36
50	86,68	31,55	32,16	29,84	252,0	508,44	40	54,55
60	75,44	31,75	32,26	29,94	258,0	423,38	31	68,64
70	65,92	31,85	32,36	30,25	243,0	423,17	27	80,91
80	58,52	32,16	32,56	29,84	225,0	337,91	21	90,45
90	54,06	32,36	32,66	29,53	211,0	252,86	14	96,82
100	51,43	32,56	32,76	29,64	206,0	167,80	7	100,00

Pada percobaan yang ketiga pirolisis menggunakan debit 12 LPM dengan sudut kemiringan kondensor 30°. Minyak mulai menetes pada menit ke 16. Total minyak yang dihasilkan adalah 220 ml. Kemiringan sudut sebesar 30° ini membuat minyak langsung mengalir ke penampung dengan lancar, tetapi juga mempercepat laju asap yang melewati kondensor menuju keluar sehingga proses pengembunan menjadi tidak maksimal.

Hasil dari ketiga percobaan diatas akan ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan dan korelasi antara waktu minyak yang dihasilkan dan perpindahan kalor yang terjadi.

4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama waktu penelitian dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara lama waktu pirolisis dengan banyaknya minyak yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Grafik tersebut merupakan hasil dari data yang telah terkalibrasi. Gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa hasil produksi minyak tertinggi pada percobaan sudut 0° terjadi pada menit 40, percobaan dengan sudut 15° terjadi pada menit 50 dan pada percobaan dengan sudut 30° terjadi di menit 50. Debit air pendingin yang digunakan saat percobaan yaitu 12 LPM dengan jenis aliran *parallel flow* dan waktu pengujian selama 100 menit.

Percobaan dengan sudut 0° pada menit awal antara 0-20 tidak ada minyak yang keluar. Setelah menit ke-20 produksi minyak mengalami kenaikan yang signifikan sampai pada titik tertinggi yaitu di menit ke-40 dengan hasil produksi minyak sebanyak 39 ml. Setelah menit ke-40 sampai menit ke-50 produksi minyak mengalami penurunan yang signifikan yaitu dari 39 ml menjadi 28 ml. Pada menit ke-50 penurunan produksi minyak cenderung stabil sampai menit ke-90 dan terus menurun sampai menit ke-100 dengan menghasilkan minyak hanya 7 ml. Hal ini

terjadi karena karena setelah menit ke-40 plastik yang dibakar didalam reaktor sebagian sudah menjadi abu dilihat dengan menurunnya jumlah produksi minyak yang dihasilkan. Pada percobaan dengan sudut 15° dimenit awal antara 0-10 tidak ada minyak yang keluar. Setelah menit ke-10 jumlah produksi minyak mengalami kenaikan yang cenderung stabil sampai pada titik tertinggi yaitu di menit ke-50 dengan hasil produksi minyak sebanyak 48 ml. Setelah menit ke-50 produksi minyak cenderung menurun. Pada menit ke-60 sampai menit ke-70 mengalami penurunan produksi minyak yang drastis yaitu dari 42 ml menjadi 27 ml. Selanjutnya produksi minyak mengalami penurunan yang stabil hingga menit ke-100 dengan menghasilkan minyak hanya 5 ml. Hal ini menunjukkan bahwa plastik yang di bakar didalam reaktor sudah menjadi abu. Percobaan dengan sudut 30° pada menit awal antara 0-10 tidak ada minyak yang keluar. Setelah menit ke-10 jumlah produksi minyak mengalami kenaikan yang cenderung stabil sampai pada titik tertinggi yaitu pada menit ke-50 dengan hasil produksi minyak sebanyak 40 ml. Setelah menit ke-50 produksi minyak mengalami penurunan. Penurunan produksi minyak ini cenderung stabil sampai menit ke-100 dengan menghasilkan minyak hanya 7 ml. Hal ini menunjukkan bahwa plastik yang dibakar didalam reaktor sudah menjadi abu.

Dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa pada percobaan dengan sudut 15° menghasilkan minyak lebih banyak dibandingkan dengan percobaan sudut 0° dan 30° . Pada dasarnya asap didalam reaktor memiliki temperatur yang tinggi sehingga massa jenisnya relatif lebih kecil dibandingkan dengan udara disekitarnya, hal ini mengakibatkan asap akan bergerak ke atas. Sistem pendinginan asap yang bagus akan memperhatikan kecepatan laju fluida pendingin maupun fluida yang di dinginkan, karena laju perpindahan kalor berbanding lurus dengan minyak yang dihasilkan. Semakin besar nilai laju perpindahan kalor yang dihasilkan maka semakin banyak minyak yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan sudut kondensor sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari total minyak yang diperoleh yaitu pada sudut 0° menghasilkan minyak 208 ml, pada sudut 15° menghasilkan minyak 242 ml dan pada sudut 30° menghasilkan minyak 220 ml.

4.4 Korelasi Waktu Terhadap Laju Perpindahan Panas

Nilai laju perpindahan kalor/panas yang terjadi di dalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian dan kemudian akan dikorelasikan dengan hasil minyak yang diperoleh dalam setiap proses kondensasi. Dalam penelitian ini laju transfer panas hanya dihitung dari proses transfer energi panas yang diterima oleh air pendingin. Laju perpindahan panas *parallel flow* :

$$q = m.c (T_3 - T_2) \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana : q = Perpindahan kalor

m = Laju massa fluida (kg/s) untuk debit 12 liter / menit = 0,2 kg/s

(1 liter/menit = 0,017 kg/s)

c = Kalor jenis air (4180 J/Kg °C)

T₃ = Suhu keluar fluida pendingin (°C)

T₂ = Suhu masuk fluida pendingin (°C)

Contoh :

Percobaan 2, menit 50. Diketahui : m = 0,2 kg/s

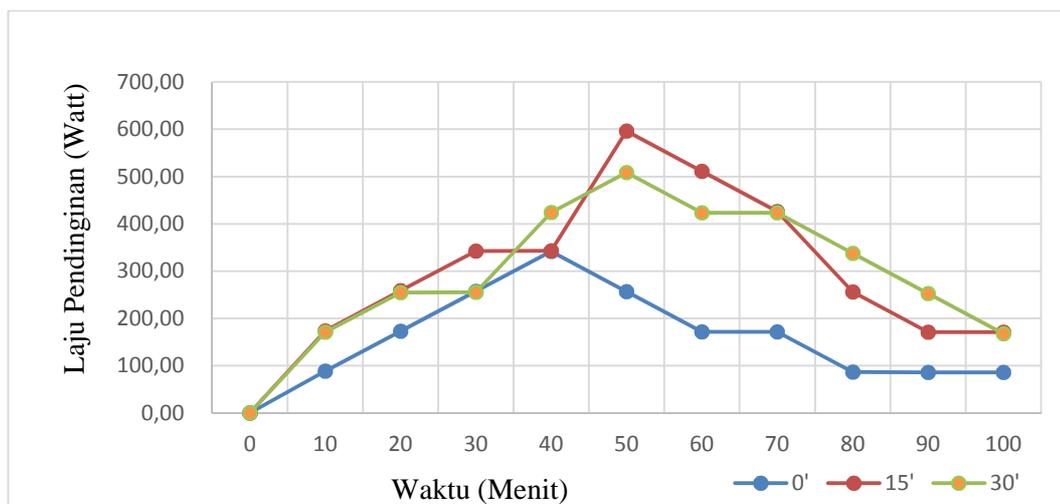
c = 4180 J / Kg °C

T₃ = 30,74 °C

T₂ = 30.02 °C

$$\begin{aligned} q &= m.c (T_3 - T_2) \\ &= 0,2 \text{ kg/s} \cdot 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} \cdot (30,74 - 30,02) ^\circ\text{C} \\ &= 596,21 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan data korelasi waktu terhadap nilai laju perpindahan panas dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Korelasi Waktu Terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan Gambar 4.2 diatas, dan menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi pada percobaan dengan sudut 0° terjadi dimenit ke-40, percobaan dengan sudut kemiringan 15° terjadi pada menit ke-50 dan percobaan dengan sudut kemiringan 30° terjadi pada menit ke-50.

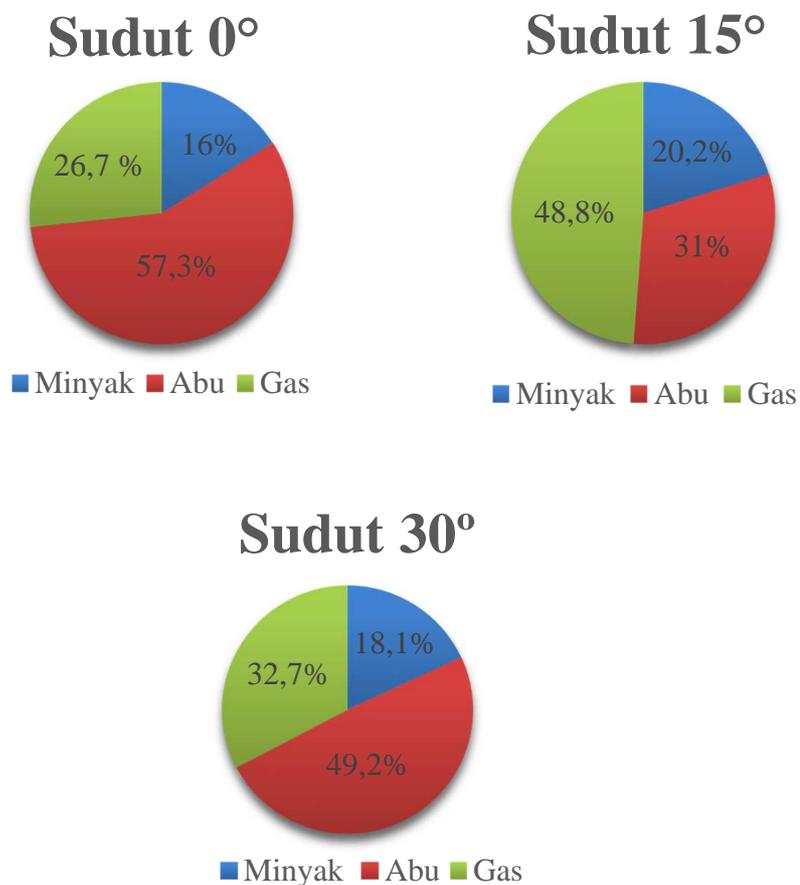
Pada percobaan dengan sudut 0° dari menit awal sampai menit ke-40 kenaikan laju perpindahan panasnya cenderung stabil. Titik tertinggi nilai laju perpindahan panas terjadi pada menit ke-40 sebesar 342,09 Watt. Setelah menit ke-40 nilai perpindahan panasnya menurun. Pada menit ke-80 sampai menit ke-100 penurunan nilai perpindahan panasnya cenderung konstan. Hal ini terjadi karena transfer panas dari asap yang dikondensasi oleh air pendingin sudah mulai berkurang. Percobaan dengan sudut 15° dari menit awal sampai menit ke-40 kenaikan laju perpindahan panasnya cenderung stabil. Kenaikan laju perpindahan panas yang paling signifikan terjadi dimenit ke-40 sampai menit ke-50. Titik tertinggi nilai perpindahan kalor terjadi pada menit ke-50 sebesar 596,21 Watt. Setelah menit ke-50 nilai perpindahan kalornya menurun dengan stabil sampai menit ke-100. Hal ini terjadi karena transfer panas dari asap yang akan dikondensasi sudah berkurang. Pada percobaan dengan sudut 30° dari menit awal sampai menit ke-30 kenaikan laju perpindahan panasnya cenderung stabil. Pada menit ke-30 sampai ke-40 mengalami kenaikan nilai perpindahan panas yang signifikan. Setelah

menit ke-40 laju perpindahan terus meningkat sampai pada titik tertinggi perpindahan panas yaitu dimenit ke-50 sebesar 508,44 watt. Setelah menit ke-50 laju perpindahan panasnya mengalami penurunan sampai menit ke-100.

Dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa kemiringan sudut kondensor juga berpengaruh terhadap nilai perpindahan kalor. Pada percobaan dengan sudut 0° asap yang mengalir ke kondensor lambat sehingga asap akan menondensat di pipa-pipa tembaga dan menghalangi air pendingin ketika mengalir mendinginkan pipa. Berbeda dengan percobaan 15° asap mengalir dengan lancar dan ketika sudah menjadi minyak akan langsung mengalir turun ke tempat penampung minyak. Perpindahan kalor dari asap yang mengalir melewati pipa tembaga dengan air menjadi lebih baik. Sedangkan pada percobaan sudut 30° membuat minyak langsung mengalir ke penampung dengan lancar, tetapi karena kondensor yang terlalu miring sehingga mempercepat laju asap yang melewati pipa tembaga. Hal ini mengakibatkan asap yang belum terkondensasi sempurna terbuang lewat cerobong asap dan proses kondensasi menjadi tidak maksimal. Selanjutnya faktor lain yang mempengaruhi laju perpindahan panas pada penelitian ini yaitu suhu fluida yang masuk ke dalam kondensor berbanding lurus dengan nilai laju perpindahan panas yang dihasilkan. Jika suhu fluida gas yang masuk ke kondensor lebih tinggi maka perpindahan panasnya juga akan semakin tinggi.

4.5 Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu Terhadap Bahan pada Sudut Pengujian

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu total hasil minyak yang didapatkan dan sisa plastik yang menjadi abu. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Diagram persentase minyak dan sisa abu dari setiap percobaan

Dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara hasil minyak dengan sisa abu yang didapatkan dengan bahan 1 kg plastik aluminium foil. Bisa diamati pada ketiga percobaan tersebut, jika minyak yang didapat semakin banyak, maka abu yang didapat semakin sedikit dan jika minyak yang didapat semakin sedikit maka sisa abu yang didapat semakin banyak. Inilah korelasi yang terjadi seperti pada sudut 0° minyak yang dihasilkan hanya 16% dengan sisa abu lebih banyak 57,3%. Pada sudut 15° minyak yang dihasilkan mencapai 20,2% dengan sisa abu sebanyak 31%. Sedangkan pada sudut 30° minyak yang dihasilkan 18,1% dan sisa abu 49,2%. Kesimpulan yang didapat dari percobaan pirolisis dengan debit 12 LPM dan variasi sudut ini lebih maksimal dilakukan pada sudut 15° .

4.6 Karakteristik Minyak Plastik

Setelah dilakukan penelitian terhadap minyak hasil pirolisis plastik aluminium foil diperoleh beberapa karakteristik. Dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Karakteristik Minyak Plastik

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas	0,803 gr/ml
2	Viskositas	4,4 - 6,07 mPa.s
3	Nilai kalor	9691, 6888 Cal/gr
4	<i>Flash point</i>	35 - 37°C

Jika dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan para peneliti sebelumnya terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis. Perbedaan karakteristik minyak hasil penelitian dengan peneliti sebelumnya bisa dilihat pada Tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Perbedaan karakteristik minyak plastik dengan peneliti lain

No.	Hasil Minyak	Karakteristik				Sumber
		Viskositas (mPa.s)	Densitas (gr/ml)	<i>Flash Point</i> (°C)	Nilai Kalor (Cal/gr)	
1	Plastik aluminium foil	4,4–6,07	0,803	35-37	9691,6888	Hasil Penelitian
2	Plastik aluminium foil	4,4	0,801	45,7	10057,89	Rifa'i (2017)
3	Plastik LDPE	5,56	0,78	41	9434	Desai dan Galage (2015)
4	Plastik LDPE	3-3,2	0,774	33-37	10727,59	Wijaya (2017)

Minyak plastik hasil pirolisis dapat dijadikan bahan bakar alternatif dalam pengembangan penelitiannya. Atas dasar tersebut maka karakteristik minyak plastik dapat dibandingkan dengan beberapa bahan bakar dipasaran. Bahan bakar yang dapat dibandingkan antara lain minyak tanah, solar dan bensin. Hasil dari perbandingan karakteristik minyak plastik dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Perbandingan karakteristik minyak plastik dengan bahan bakar lain

No.	Jenis Bahan Bakar	Karakteristik				Sumber
		Viskositas (mPa.s)	Densitas (gr/ml)	Flash Point (°C)	Nilai Kalor (Cal/gr)	
1	Minyak Plastik	4,4 – 6,07	0,803	35 - 37	9691,6888	Hasil Penelitian
2	Minyak Tanah	0,294 - 3,34	0,78 – 0,81	-	10270,38	Santoso (2010)
3	Solar	5	0,83 – 0,88	50	11106,339	Surono (2013)
4	Bensin	0,652	0,68	-	11297,4158	Santoso (2010)

Dari Tabel 4.6 dapat diamati bahwa karakteristik minyak plastik mendekati atau tidak berbeda jauh dengan BBM di pasaran. Dengan begitu maka jika diolah lebih lanjut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang semakin lama semakin menipis ketersediaannya.

4.7 Perbandingan Hasil Minyak dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah perbandingan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang mencakup bahan, suhu, dan hasil. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Perbandingan hasil minyak dengan peneliti lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Hasil
Hasil Penelitian Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30°	1 kg plastik aluminium foil	300-350°C	208 ml 242 ml 220 ml
Rifa'i (2017) Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30°	1 kg plastik aluminium foil	300-350°C	292 ml 309 ml 224 ml
Desai dan Galage (2015)	150 gr plastik LDPE	300-350°C	100 ml
Haryadi (2015)	500 gr plastik PP 500 gr plastik HDPE	300°C	360 ml 400 ml
Rafli dkk (2017)	2 kg plastik PP	400-800°C	1,25 liter
Wijaya (2017) Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30°	1 kg plastik LDPE	300-350°C	540 ml 590 ml 520 ml

Efisiensi penggunaan bahan bakar dengan hasil produksi minyak yang diperoleh dapat dihitung dengan perhitungan.

$$\eta = \frac{mM \times ncM}{mG \times ncG} \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan :

η = Efisiensi bahan bakar (%)

mM = Massa minyak (gram)

mG = Massa gas LPG (gram)

ncM = Nilai kalor minyak (Cal/g), didapat dari hasil uji kalor minyak plastik hasil pirolisis sebesar = 9691,6888 Cal/g

ncG = Nilai kalor gas LPG (Cal/g), didapat dari standar gas LPG Pertamina sebesar 21000 BTU/lb = 11666,67 Cal/g

(Sumber: Kuncoro dkk, 2016)

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 0°

Diketahui : mM = 183 gram
 mG = 1715 gram
 ncM = 9691,6888 Cal/g
 ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{183 \times 9691,6888}{1715 \times 11666,67} = 0,089 \times 100 \% \\ = 8,9 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 15°

Diketahui : mM = 242 gram
 mG = 1750 gram
 ncM = 9691,6888 Cal/g
 ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{242 \times 9691,6888}{1750 \times 11666,67} = 0,115 \times 100 \% \\ = 11,5 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 30°

Diketahui : mM = 220 gram
 mG = 1705 gram
 ncM = 9691,6888 Cal/g
 ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{220 \times 9691,6888}{1705 \times 11666,67} = 0,107 \times 100 \% \\ = 10,7 \%$$