

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Variasi sudut kondensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ , dan  $30^{\circ}$  serta aliran air dalam kondensor yaitu aliran air searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan bahan baku limbah plastik aluminium foil dengan debit air pendingin 18 LPM. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis plastik aluminium foil.

### 4.2 Data Terkalibrasi

#### 4.2.1 Percobaan 1, Debit 18 LPM Sudut $0^{\circ}$

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut  $0^{\circ}$  minyak yang dihasilkan adalah 353 ml. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut :

Tabel 4.1 Data percobaan sudut  $0^{\circ}$

Debit 18 LPM, sudut 0, berat gas 1490 g							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 ( $^{\circ}$ C)	T2 ( $^{\circ}$ C)	T3 ( $^{\circ}$ C)	T4 ( $^{\circ}$ C)	T5 ( $^{\circ}$ C)	Q (Watt)		
0	29,4	28,30	28,30	27,1	67	0,00	0	0
10	60,2	28,60	28,60	26,6	214	0,00	0	0
20	75,2	30,45	30,47	26,7	258	25,08	25	6,98
30	71,2	30,48	30,62	26,5	282	175,56	81	29,60
40	76,0	30,61	30,72	26,5	291	137,94	71	49,44
50	69,4	30,56	30,65	26,3	295	112,86	50	68,43
60	71,0	31,21	31,29	27,1	300	100,32	42	84,07
70	64,0	31,13	31,20	27,1	303	87,78	25	93,57
80	48,1	31,11	31,16	27,5	301	62,70	20	97,20
90	45,6	30,16	30,21	27,8	294	62,70	14	99,44
100	42,2	30,14	30,18	27,8	273	50,16	2	100,00

Pada penelitian pertama menggunakan bahan 1 kg plastik alumunium foil yang dipotong dengan ukuran 5cm x 5cm. Pembakaran dilakukan menggunakan kompor gas yang disesuaikan suhunya antara 300°C-350°C. Minyak mulai menetes pada menit ke 15 dan terus meningkat sampai menit ke 40, kemudian produksi minyak menurun. Pada menit ke 60 minyak menyusut hanya menghasilkan 5 ml pada menit 80 dan terus menyusut pada menit 100 hanya menetes 1 ml. Total minyak yang didapat selama penelitian pirolisis 0° adalah 333ml. Setelah kondensor dibuka ternyata ada minyak yang tertinggal didalamnya sebanyak 20 ml sehingga total produksi minyak menjadi 353 ml.

#### 4.2.2 Percobaan 2, debit 18 LPM sudut 15°

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 372ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Percobaan Sudut 15°

Debit 18 LPM, sudut 15, berat gas 1570 g							minyak /10 menit (ml)	akumulasi minyak (%)
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	31,9	32,70	32,30	32,9	33,0	0,00	0	0,00
10	49,4	33,14	33,19	33,0	229	62,70	0	0,00
20	160,0	33,20	33,27	33,0	280	87,78	35	9,33
30	219,6	34,40	34,59	33,7	303	238,26	99	35,73
40	101,0	34,49	34,66	33,7	307	213,18	90	59,73
50	72,0	35,25	35,40	33,7	313	188,10	81	81,33
60	57,3	35,38	35,50	34,3	311	150,48	44	93,07
70	60,0	35,66	35,77	34,3	307	137,94	15	97,07
80	54,5	35,51	35,60	33,9	308	112,86	3	98,93
90	47,9	34,65	34,71	33,9	298	75,24	3	99,73
100	48,6	34,55	34,58	33,8	301	37,62	2	100,00

Penelitian kedua pada pirolisis plastik alumunium foil menggunakan debit 18 LPM dan sudut kemiringan kondensor 15<sup>0</sup>. Suhu pembakaran dijaga pada 300<sup>0</sup>C -350<sup>0</sup>C. Minyak mulai menetes pada menit ke 18 dan total minyak yang dihasilkan sebanyak372. Karena kondensor dimiringkan 15<sup>0</sup> maka tidak ada minyak yang tersisa pada kondensor semua minyak mengalir ke penampungan.

#### 4.2.3 Percobaan 3, debit 18 LPM sudut 30<sup>0</sup>

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut 30<sup>0</sup>menghasilkan minyak sebanyak 352 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Percobaan Sudut 30<sup>0</sup>

Debit 18 LPM, sudut 30, berat gas 1430 g							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	27,12	28,1	28,00	26,76	37,6	0,00	0	0,00
10	58,83	28,53	28,65	26,45	202,8	88,08	0	0,00
20	72,30	29,31	29,42	25,53	275,4	172,20	36	8,93
30	87,79	30,13	30,23	26,55	309,1	213,78	113	41,07
40	51,33	30,39	30,54	27,27	310,2	128,62	91	58,04
50	50,42	30,63	30,74	27,48	314,7	128,20	53	72,32
60	47,99	30,94	31,04	27,48	311,5	85,68	24	83,48
70	46,57	31,11	31,22	27,58	325,6	85,47	16	91,96
80	44,24	31,14	31,24	27,58	322,6	43,05	12	96,43
90	42,52	31,24	31,35	27,58	319,7	42,94	5	98,66
100	41,30	30,84	30,94	27,58	318,6	43,36	2	100,00

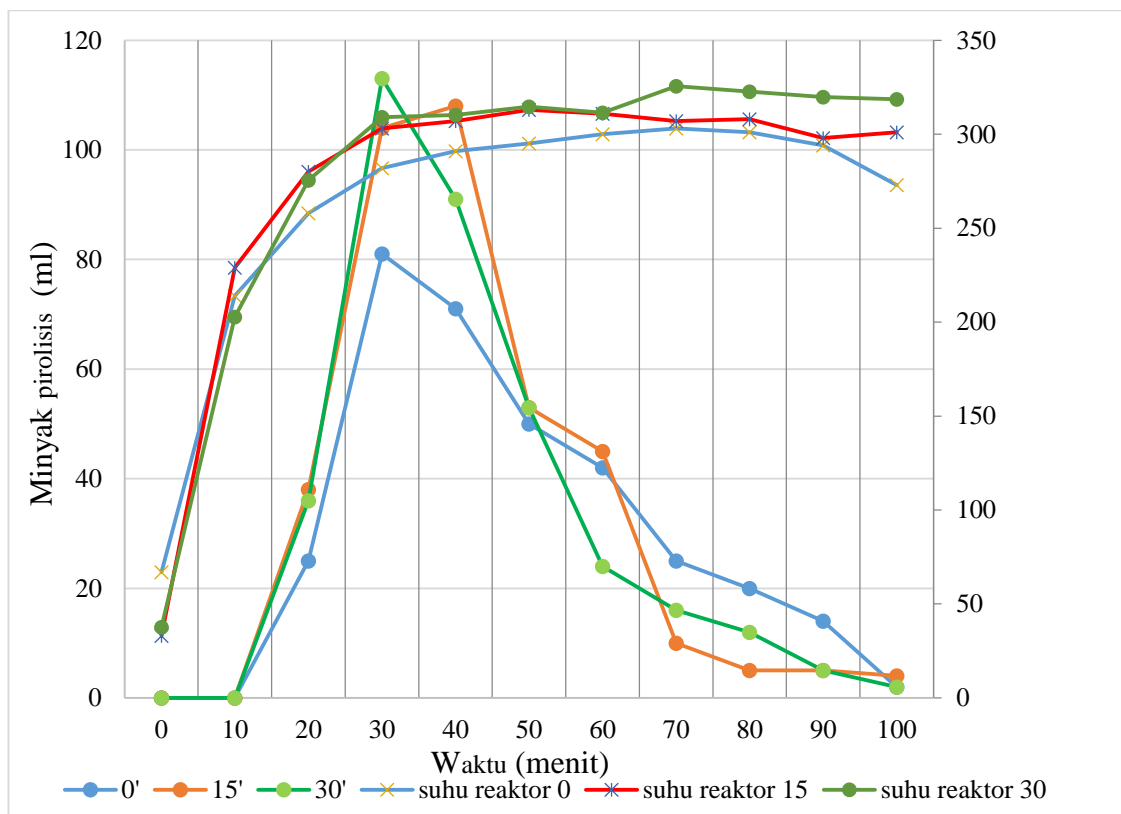
Pada penelitian ketiga pirolisis menggunakan debit 18 LPM dan sudut kemiringan kondensor 30<sup>0</sup>. Minyak mulai menetes pada menit ke 16. Total

minyak yang didapat adalah 352ml. Kemiringan sebesar ini menjadikan minyak langsung mengalir ke penampung dengan lancar, tetapi juga mempercepat laju asap yang melewati kondensor menuju keluar sehingga pengembunan menjadi tidak maksimal.

Hasil dari ketiga percobaan di atas 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 didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1. Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Grafik di atas menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar untuk sudut  $0^{\circ}$  dengan debit 18 LPM dan jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada

waktu antara menit 20-30 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 81ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 20 sampai menit 30 yang menghasilkan minyak sebanyak 81 ml. Pada menit awal antara 0-20 minyak keluar sedikit yaitu 25 ml. Hal ini terjadi karena kemiringan kondensor yang dipakai yaitu  $0^\circ$ . Pada kemiringan ini asap yang telah terkondensasi menjadi minyak masih terperangkap di dalam kondensor. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit 30 yang menjadi titik puncak pirolisis, kemudian menyusut secara perlahan pada menit 40 sampai menit 100. Setelah menit ke-30 tersebut plastik aluminium foil yang dibakar di dalam reaktor sebagian sudah menjadi abu. Hal ini ditandai dengan penurunan jumlah produksi asap cair / minyak yang diperoleh. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada di dalam reaktor pembakaran. Minyak yang dihasilkan sangat sedikit pada menit 100 yang menandai plastik yang dibakar sudah berubah menjadi abu.

Analisa juga dilakukan pada sudut  $15^\circ$  dengan debit 18 LPM. Dapat diamati bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu menit 40 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 108 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 20 sampai menit 40, hasilnya yaitu 104 ml. Puncak produksi minyak terjadi di menit 40 dengan minyak 108 ml. Setelah menit 60 produksi minyak cenderung menurun, hingga menit 100 hanya didapat 4ml saja. Hal ini menunjukkan bahwa plastik di dalam reaktor sudah menjadi abu.

Percobaan pirolisis dengan sudut  $30^\circ$  dapat dilihat kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 20 sampai menit 30, hasilnya bertambah 77 ml yaitu dari 36 ml naik sampai 113 ml. Percobaan dengan sudut  $30^\circ$  menghasilkan minyak relatif banyak pada awal percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor karena gaya gravitasi. Minyak dihasilkan pada menit ke 20, setelah itu produksi meningkat sampai titik puncak pada menit ke 30 dengan hasil minyak 113 ml. Hasil minyak yang diperoleh pada penelitian menggunakan sudut  $30^\circ$  tidak sebanyak minyak pada percobaan sudut  $15^\circ$ . Hal ini terjadi karena kondensor yang terlalu miring

sehingga menyebabkan asap mengalir terlalu cepat. Hal ini mengakibatkan asap yang berada di dalam kondensor tidak terkondensasi sempurna dan terbang lewat cerobong asap dan pipa selang keluaran minyak. Penurunan produksi minyak terjadi setelah menit 30, produksi minyak langsung menyusut dari 91 ml ke 53 ml. Artinya plastik aluminium foil di dalam reaktor sudah mulai berubah menjadi abu. Produksi minyak pada menit ke 100 hanya 2 ml.

#### 4.4 Korelasi Waktu terhadap Laju Pendinginan

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*:

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

Dimana : q = perpindahan kalor

$\dot{m}$  = Laju masa fluida (kg/s) untuk debit 6 liter / menit = 0,1 kg/s

c = Kalor jenis air ( 4180 J / Kg °C)

T<sub>2</sub> = Suhu masuk fluida pendingin

T<sub>3</sub> = Suhu keluar fluida pendingin

Contoh :

Penelitian ke 2, menit 30. Diketahui :

$$\dot{m} = 0,1 \text{ kg/s}$$

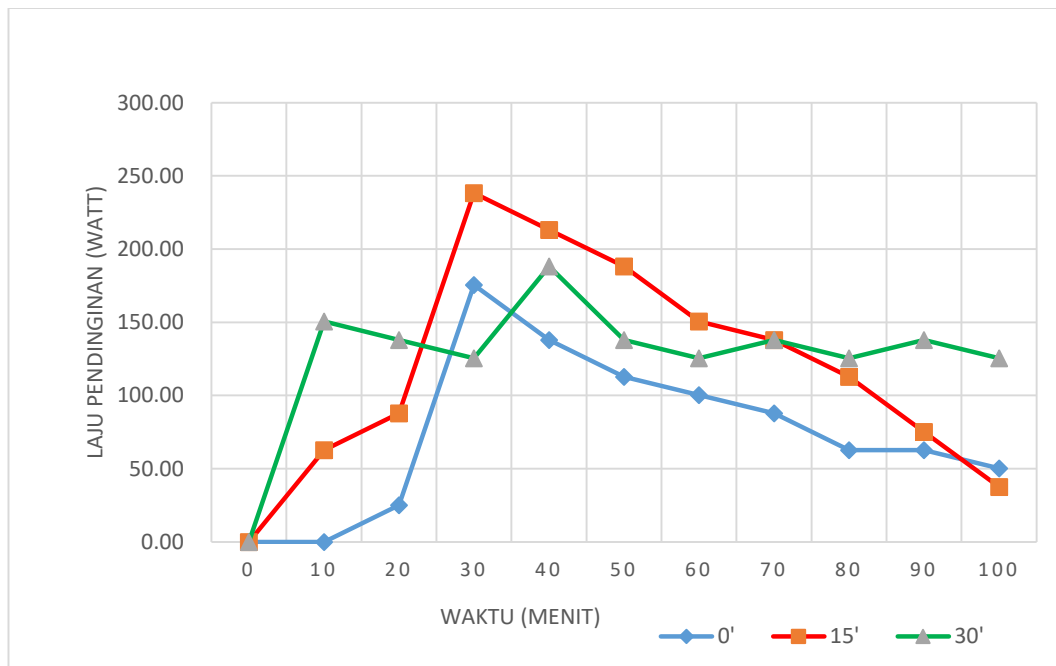
$$c = 4180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 33,77^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 33,17^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} q &= \dot{m}.c ( T_3 - T_2 ) \\ &= 0,1 \text{ kg/s} . 4180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C} . ( 33,77 - 33,17 ) ^\circ\text{C} \\ &= 252,55 \text{ Watt} \end{aligned}$$

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



Gambar 4.2. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang sudah ada seperti pada contoh diatas, maka didapat grafik seperti pada gambar 4.2. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa nilai laju perpindahan panas atau kalor yang tertinggi pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensator  $0^\circ$  terjadi pada menit ke-30, pada sudut kemiringan kondensator  $15^\circ$  terjadi pada menit ke-30, dan pada sudut  $30^\circ$  terjadi pada menit ke-35.

Pada percobaan dengan sudut  $0^\circ$  dari menit awal sampai menit ke-40 kenaikan laju perpindahan kalornya naik secara konstan. Titik tertinggi nilai perpindahan kalor terjadi pada menit 30 sebesar 175,56 Watt dan setelah menit ke-30 nilai perpindahan kalornya mengalami penurunan sampai pada menit ke-100. Percobaan dengan sudut kondensator sebesar  $15^\circ$  pada menit ke-20 sampai menit ke-30 mengalami kenaikan laju perpindahan kalor yang stabil. Titik tertinggi nilai perpindahan kalor terjadi pada menit ke-30 sebesar 238.26 Watt. Setelah menit ke-30 nilai perpindahan kalor mulai menurun secara konstan

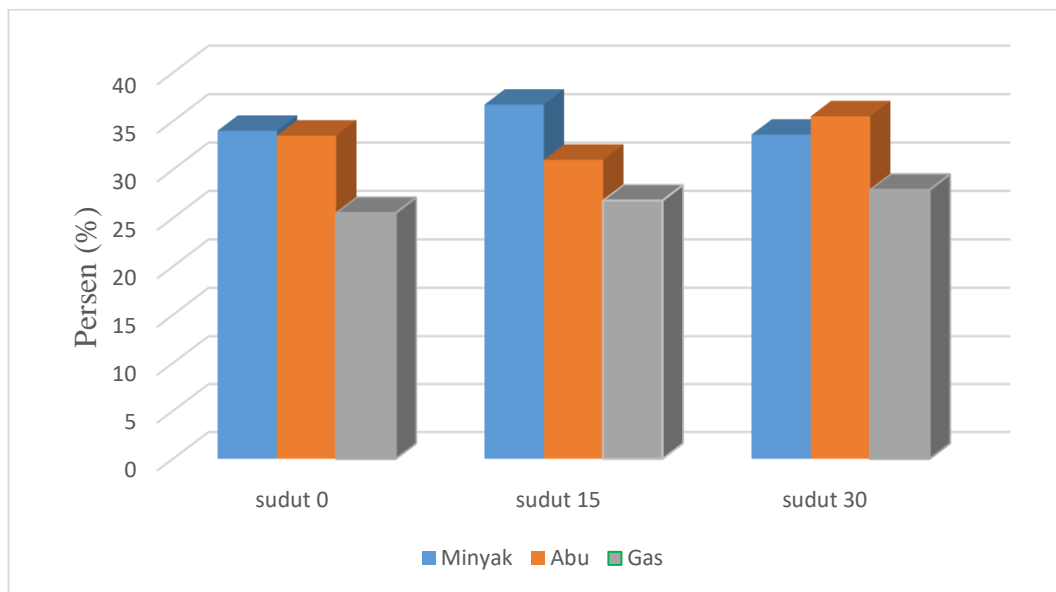
sampai menit ke-100. Hal ini terjadi karena transfer panas dari asap yang akan dikondensasi sudah berkurang. Pada percobaan dengan sudut  $30^\circ$  dari menit awal sampai pada menit ke-10 langsung mengalami kenaikan laju perpindahan kalor yang sangat signifikan. Titik tertinggi nilai perpindahan kalor terjadi pada menit ke-30 sebesar 175,56 Watt. Setelah menit ke-30 nilai perpindahan kalor mengalami penurunan sampai menit ke-100.

Dari ketiga percobaan yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa kemiringan sudut kondensor yang berbeda berpengaruh terhadap nilai laju perpindahan kalor. Laju perpindahan kalor dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya suhu masuk fluida gas ke kondensor, kecepatan fluida pendingin dan juga suhu lingkungan. Pada percobaan  $0^\circ$  asap yang mengalir ke kondensor lambat sehingga asap akan mengendap di pipa-pipa tembaga. Berbeda dengan percobaan  $15^\circ$ , asap mengalir lancar dan ketika sudah menjadi minyak akan langsung turun mengalir ke tempat penampung minyak. Perpindahan kalor dari asap yang mengalir melewati pipa tembaga dengan air menjadi lebih baik. Sedangkan pada percobaan sudut  $30^\circ$  asap yang mengalir melalui pipa berjalan terlalu cepat, sehingga ada asap yang belum sepenuhnya terkondensasi sempurna. Hal lain yang mempengaruhi laju perpindahan kalor yaitu suhu fluida gas yang masuk ke dalam kondensor berbanding lurus dengan nilai laju perpindahan kalor yang dihasilkan. Jika suhu fluida gas yang masuk ke kondensor lebih tinggi maka perpindahan kalornya juga semakin tinggi. Suhu lingkungan juga dapat mempengaruhi suhu kerja fluida yang ada di dalam kondensor, karena suhu fluida pendingin terpengaruh oleh suhu lingkungan disekitarnya yang menyebabkan berkurangnya efektifitas fluida pendingin dalam memberikan pendinginan di kondensor.

#### **4.5 Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu Terhadap Bahan Pada variasi Sudut Pengujian**

Data yang diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu total hasil minyak yang didapatkan dan abu sisa dari pembakaran setiap percobaan dengan bahan limbah plastik aluminium foil 1 kg. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.





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

Dari Gambar 4.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat korelasi antara hasil minyak dengan sisa abu yang didapatkan dalam bahan 1 kg plastik alumunium foil. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika hasil minyak yang diproduksi semakin banyak, maka abu sisa pembakaran yang dihasilkan sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa system pada alat pirolisis yang digunakan berjalan dengan baik karena asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan tidak terbuang ke lingkungan. Bisa dilihat pada tabel 4.4 korelasi yang terjadi pada sudut  $0^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan 25,3% dari bahan 1kg plastik alumunium foil dan menyisakan abu 33,5%, pada percobaan  $15^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan 29,1% dan menyisakan abu sebanyak 35,5%, dan pada percobaan  $30^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan 25,5% dengan menyisakan abu sebanyak 35,5%. Dilihat dari hasil percobaan yang dihasilkan dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian pirolisis dengan debit air pendingin 18 LPM menggunakan variasi sudut kemiringan kondensor, hasil yang maksimal didapat yaitu pada sudut kemiringan  $15^\circ$  dengan waktu pengujian 100 menit. Penelitian menghasilkan minyak paling banyak pada sudut  $15^\circ$  disebabkan karena asap mengalir dengan lancar dan ketika sudah menjadi minyak akan langsung mengalir turun ke penampung minyak. Serta nilai perpindahan kalor pada sudut  $15^\circ$  paling tinggi diantara sudut  $0^\circ$  dan  $30^\circ$ . Karena nilai perpindahan

kalor berbanding lurus dengan jumlah minyak yang dihasilkan. Semakin besar nilai perpindahan kalor maka semakin banyak minyak yang dihasilkan.

#### 4.6 Karakteristik Minyak Hasil

Setelah dilakukan penelitian terhadap minyak hasil pirolisis plastik alumunium foil diperoleh beberapa karakteristik sebagai berikut:

Tabel 4.4 Karakteristik minyak plastik

No	Parameter	Nilai
1	Densitas	0,801 g/ml
2	Viskositas	4,4 mPa.s
3	Nilai kalor	10.057,89 Cal/g
4	<i>flash point</i>	45,7°C

Jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis. Tabel perbedaan karakteristik penelitian para peneliti sebelumnya bisa diamati pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Perbedaan Karakteristik minyak plastik para peneliti terdahulu

No.	Densitas (g/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/g)	<i>Flash Point</i> (°C)	Sumber
1	0,801	4,4	10,057,8900	45,7	Hasil penelitian
2	0,78	1,5	-	46,50	Nurdianto <i>et al</i> (2016)
3	-	0,4	10,222,6000	-	Santoso (2010)
4	0,7499	0,7	-	-	Nugraha <i>et al</i> (2013)
5	0,803	4,4-6,0	9691,6888	35-37	Kusnaery (2017)

Tabel 4.5. Menunjukkan bahwa karakteristik minyak hasil percobaan untuk nilai densitas tidak jauh berbeda dengan penelitian lain. Viskositas yang didapat tidak jauh berbeda dengan penelitian (Kusnaery, 2017). Nilai kalor yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan penelitian (Santoso, 2010) dan untuk *flash point* yang di dapat tidak jauh berbeda dengan penelitian (Nurdianto *et al*, 2016).

Minyak plastik aluminium foil hasil pirolisis dapat dijadikan bahan bakar alternatif dalam pengembangan penelitiannya. Atas dasar tersebut maka karakteristik minyak plastik dapat dibandingkan dengan beberapa bahan bakar di pasaran. Bahan bakar yang dapat dibandingkan antara lain premium, solar dan minyak tanah. Hasil dari perbandingan karakteristik minyak plastik dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Perbandingan Karakteristik BBM

No	Jenis Bahan Bakar	Karakteristik				Sumber
		Densitas (g/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/g)	<i>Flashpoint</i> (°C)	
1	Minyak Plastik	0,801	4,4	10,057,89	45.7	Hasil Penelitian
2	Premium	0,71 - 0,77	-	-	-10° sampai - 15°	Nurdianto dkk (2016)
3	Solar	0,815 - 0,870	2,0 – 5,0	-	40 – 100	Nurdianto dkk (2016)
4	Minyak Tanah	0,9	1,4	10939,1	60,2	Andriyanto (2017)
5	Pertamina Dex	0,820- 0,860	2,0-4,5	-	55	Syamsiro (2014)

Dari Tabel 4.6 dapat diamati bahwa karakteristik minyak plastik mendekati atau tidak berbeda jauh dengan BBM di pasaran khususnya BBM jenis solar. Dilihat dari nilai densitas dan nilai *flashpoint* yang nilainya hampir mendekati nilai karakteristik BBM jenis solar. Dengan begitu maka jika diolah lebih lanjut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang semakin lama semakin menipis ketersediaanya

#### 4.7 Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

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

Tabel 4.7 Perbandingan hasil minyak dengan hasil minyak penelitian lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Sudut 0 Sudut 15 Sudut 30	1 kg plastik alumunium foil setiap pengujian dengan dimensi 5x5 cm	300-350	100 menit	353 ml 372 ml 352 ml
Kusnaery (2017) Sudut 0 Sudut 15 Sudut 30	1 kg plastik alumunium foil setiap pengujian dengan dimensi 8x8 cm	300-350	100 menit	208 ml 242 ml 220 ml
Chumsanti santaweasuk dan Adun Janyalertadun	5 kg PP, LDPE, HDPE	250-350	4-6 jam	16070 ml
Wasesa dkk	1 kg LDPE	200-250	100 menit	1100 ml

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Kadir	500 gr PET, 500 g HDPE, 500 g PP	300-400	-	1334 ml
Nugraha dkk	Plastik Polipropilen	400-500	30 menit	500 ml
Nurdianto	1 kg botol plastik	200	-	250 ml
Santoso	Plastik PP dan LDPE	300-450	60 menit	-

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan plastik alumunium foil 1 kg dan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, menghasilkan minyak dengan total 1,077 ml. Untuk perbedaan dengan penelitian serupa, ukuran dimensi bahan baku mempengaruhi hasil minyak.

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

$$\eta = \frac{mM \times ncM}{mG \times ncG} \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan :

$\eta$  = 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 alumunium foil hasil pirolisis sebesar = 10057,89 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 *et al.*, 2016)

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut  $0^\circ$

Diketahui :  $mM = 234$  gram

$mG = 1490$  gram

$ncM = 10057,89$  Cal/g

$ncG = 11666,67$  Cal/g

$$\eta = \frac{234 \times 10057,89}{1490 \times 11666,67} = 0,135 \times 100 \% \\ = 13,5\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut  $15^\circ$

Diketahui :  $mM = 241$  gram

$mG = 1570$  gram

$ncM = 10057,89$  Cal/g

$ncG = 11666,67$  Cal/g

$$\eta = \frac{241 \times 10057,89}{1570 \times 11666,67} = 0,132 \times 100 \% \\ = 13,2\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut  $30^\circ$

Diketahui :  $mM = 169$  gram

$mG = 1430$  gram

$ncM = 10057,89$  Cal/g

$ncG = 11666,67$  Cal/g

$$\eta = \frac{169 \times 10057,89}{1430 \times 11666,67} = 0,101 \times 100 \% \\ = 10,1 \%$$