

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Dari data hasil penelitian variasi sudut kondensor dalam penelitian ini yaitu : 0° , 15° , dan 30° dengan suhu serta aliran air dalam kondensor yaitu aliran air berlawanan dengan laju uap (*counter flow*) menggunakan bahan plastik LDPE (*Low density polyethylene*) 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 550 ml dan konsumsi gas yang terpakai 1,35 kg. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut :

Tabel 4.1. Data percobaan sudut 0° dengan debit 12 LPM

Debit 12 LPM, sudut 0°					T Reaktor rata- rata($^\circ\text{C}$)	Q (Watt)	Minyak /10 menit (ml)	Konsumsi gas/10 menit (kg)
WAKTU (menit)	T1 ($^\circ\text{C}$)	T2 ($^\circ\text{C}$)	T3 ($^\circ\text{C}$)	T4 ($^\circ\text{C}$)				
0	34,41	34,79	34,79	34,15	34,38	6,07	0	0
10	39,18	34,90	34,89	34,26	134,52	6,28	0	0,11
20	48,70	38,14	37,62	35,28	133,41	436,15	10	0,14
30	67,84	38,65	37,22	35,18	227,74	1198,92	65	0,14
40	76,15	39,97	38,43	36,00	291,66	1286,28	110	0,15
50	86,58	41,59	40,36	34,87	316,85	1035,71	90	0,15
60	96,81	40,78	39,55	35,08	315,89	1034,04	80	0,14
70	114,13	40,27	39,24	35,28	319,07	863,72	70	0,13
80	128,31	39,26	38,53	35,90	304,27	607,72	60	0,13
90	113,42	38,65	38,23	36,31	331,48	352,56	45	0,14
100	91,14	37,64	37,32	36,21	343,61	265,83	20	0,13
Jumlah							550	1,35

Pada percobaan pertama minyak mulai menetes pada menit ke 18 dan terus meningkat sampai menit ke 40, kemudian produksi minyak terus menurun sampai menit ke 100. Total minyak yang dihasilkan pada percobaan ini yaitu sebesar 550 ml.

Tabel 4.2. Data percobaan sudut 0° (Wijaya, 2017)

Debit 18 LPM, sudut 15°, berat gas 1,44 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	26,62	30,02	30,03	24,81	34,1	0,00	0	0,00
10	42,92	28,91	29,15	30,05	188,3	301,8	0	0,00
20	95,59	28,50	28,71	33,64	240,5	264,24	15	2,78
30	86,58	28,20	28,51	35,08	286,8	392,14	57	13,33
40	71,69	27,69	28,21	32,61	320,0	647,62	96	31,11
50	55,58	33,17	33,77	32,51	308,9	757,64	148	58,52
60	55,99	32,66	33,17	31,79	312,5	632,25	126	81,85
70	46,67	32,05	32,56	33,23	313,3	634,14	35	88,33
80	47,48	36,52	36,91	36,21	320,6	493,39	12	90,56
90	46,37	36,11	36,41	37,44	316,7	376,69	10	92,41
100	47,08	36,82	37,12	35,69	314,6	365,49	6	93,52

Jika dibandingkan dengan pengujian (Wijaya, 2017). Pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 0° minyak yang dihasilkan yaitu 540 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,44 kg.

Maka dapat disimpulkan bahwa percobaan sudut 0° dengan debit 12 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor menghasilkan minyak sebanyak 550 ml atau lebih banyak 10 ml dan gas yang terpakai lebih sedikit yaitu 1,35 kg.

4.2.2 Percobaan 2, debit 12 LPM sudut 15°

Pengujian pada debit 12 LPM, sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 615 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,34 kg. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data percobaan sudut 15° dengan debit 12 LPM

Debit 12 LPM, sudut 15°					T Reaktor rata- rata(°C)	Q (Watt)	Minyak /10 menit (ml)	Konsumsi gas /10 menit (kg)
WAKTU (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)				
0	36,14	37,53	37,42	34,46	36,80	96,35	0	0
10	42,92	38,96	38,74	34,26	109,60	183,91	15	0,13
20	51,03	38,85	38,13	35,28	131,22	606,89	30	0,13
30	70,58	39,97	38,43	35,18	160,39	1286,28	80	0,13
40	76,15	40,48	38,84	36,00	283,39	1371,96	100	0,14
50	99,24	40,78	39,04	34,87	324,22	1457,22	130	0,15
60	118,18	40,17	39,24	35,08	313,66	778,88	90	0,15
70	129,53	40,38	39,55	35,18	326,17	694,66	70	0,14
80	120,51	40,58	40,05	36,00	331,76	441,17	60	0,15
90	77,67	40,48	40,36	36,52	352,56	102,41	30	0,13
100	75,23	40,68	40,66	36,72	349,36	18,19	10	0,11
Jumlah							615	1,41

Pada percobaan kedua minyak mulai menetes pada menit ke 10 dan meningkat sampai menit ke 50. Pada menit ke 50 minyak yang dihasilkan sebanyak 130 ml kemudian terus menurun sampai menit 100. Total minyak yang dihasilkan dari percobaan ke dua dengan sudut 15° ini yaitu 615 ml.

Tabel 4.4. Data Percobaan Sudut 15° (Wijaya, 2017)

Debit 18 LPM, sudut 15°, berat gas 1,47 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	34.82	33.48	33.47	33.64	30,8	0.00	0	0,00
10	41.40	34.69	34.79	31.79	195,7	118.16	8	1,36
20	104.81	34.69	34.79	30.76	246,5	118.16	68	12,88
30	123.75	35.00	35.70	31.79	292,2	878.95	128	34,58
40	205.49	35.50	36.10	31.38	308,9	750.43	152	60,34
50	132.06	35.91	36.61	30.76	304,8	876.13	115	79,83
60	61.16	35.91	36.41	31.07	316,0	622.22	72	92,03
70	49.61	35.71	36.10	31.18	324,9	495.89	18	95,08
80	44.85	36.01	36.41	29.43	314,3	494.95	16	97,80
90	43.02	36.22	36.51	31.18	318,1	367.37	9	99,32
100	41.10	35.91	36.10	31.07	317,2	241.36	4	100,00

Pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 15° minyak yang dihasilkan adalah 590 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,47 kg.

Maka dapat disimpulkan bahwa percobaan sudut 15° dengan debit 12 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor menghasilkan minyak sebanyak 615 ml atau lebih banyak 25 ml dan gas yang terpakai 1,34 kg.

4.2.3 Percobaan 3, debit 12 LPM sudut 30°

Pada percobaan ke 3 pengujian pada debit 12 LPM, sudut 30° menghasilkan minyak sebanyak 635 ml. dan gas yang terpakai yaitu 1,34 kg. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.5. dibawah :

Tabel 4.5. Data percobaan sudut 30° dengan debit 12 LPM

Debit 12 LPM, sudut 30°					T Reaktor rata- rata(°C)	Q (Watt)	Minyak /10 menit (ml)	Konsumsi gas/10 menit (kg)
WAKTU (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)				
0	33,81	33,48	33,37	33,54	38,00	87,99	0	0
10	34,11	35,40	35,29	31,28	155,02	91,96	5	0,11
20	40,39	35,81	35,39	31,59	168,36	346,71	20	0,12
30	72,40	36,82	36,10	34,98	328,50	602,71	40	0,12
40	121,02	45,86	44,10	35,18	373,72	1467,67	120	0,15
50	145,12	46,06	44,20	36,52	362,15	1552,73	140	0,15
60	179,77	45,96	44,30	33,95	343,00	1383,25	120	0,15
70	189,69	46,06	44,61	34,26	342,48	1214,18	100	0,14
80	102,48	54,89	54,02	36,52	352,61	724,54	50	0,14
90	73,51	54,69	53,82	36,41	348,29	724,13	20	0,13
100	67,54	51,44	50,68	35,39	347,79	632,80	20	0,13
Jumlah							635	1,45

Pada percobaan ketiga pirolisis menggunakan debit 12 LPM dan sudut kemiringan kondensor 30°. Minyak mulai menetes pada menit ke 10 total minyak yang didapat adalah 635 ml. Minyak yang dihasilkan pada sudut 30° paling banyak dikarenakan pada sudut kondensor 30° kemiringan kondensor terlalu besar atau lebih tegak dibanding dengan sudut lain. Kemiringan pada kondensor sebesar ini menjadikan minyak dapat mengalir dengan lancar ke tempat penampungan minyak hasil pirolisis dan tidak ada minyak yang mengendap di dalam kondensor. Hasil dari ketiga percobaan di atas akan ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan dan korelasi antara waktu, minyak yang dihasilkan dan perpindahan kalor yang terjadi.

Tabel 4.6. Data Percobaan Sudut 30° (Wijaya, 2017)

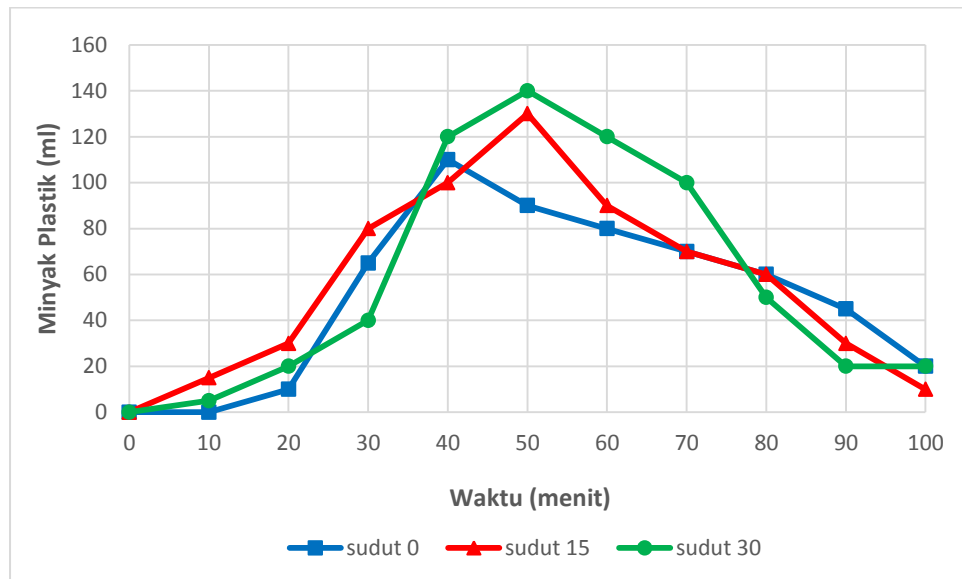
Debit 18 LPM, sudut 15°, berat gas 1,43 kg							Minyak /10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)		
0	34,62	36,72	36,81	39,19	37,6	0,00	0	0,00
10	81,82	37,03	37,12	37,54	224,5	110,95	14	2,69
20	77,56	36,62	36,91	39,68	281,6	366,12	85	19,04
30	58,72	37,43	37,62	40,01	309,1	236,65	125	43,08
40	64,80	37,53	37,93	39,29	310,2	490,25	134	68,85
50	58,72	37,53	37,82	36,93	314,3	363,30	80	84,23
60	64,80	37,33	37,52	37,75	311,5	236,97	38	91,54
70	55,99	37,33	37,52	36,11	327,9	236,97	19	95,19
80	51,33	37,53	37,62	36,11	322,6	109,39	12	97,50
90	46,57	37,23	37,32	34,46	319,7	110,33	8	99,04
100	46,57	36,52	36,61	34,36	112,52	112,52	5	100,00

Pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 30° minyak yang dihasilkan adalah 520 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,43 kg

Maka dapat disimpulkan bahwa percobaan sudut 30° dengan debit 12 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor menghasilkan minyak 635 ml atau lebih banyak 115 ml dan hasil gas yang terpakai 1,34 kg.

4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama waktu yang penelitian dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara lama waktu pirolisis dengan banyaknya minyak yang didapat adalah sebagai berikut:



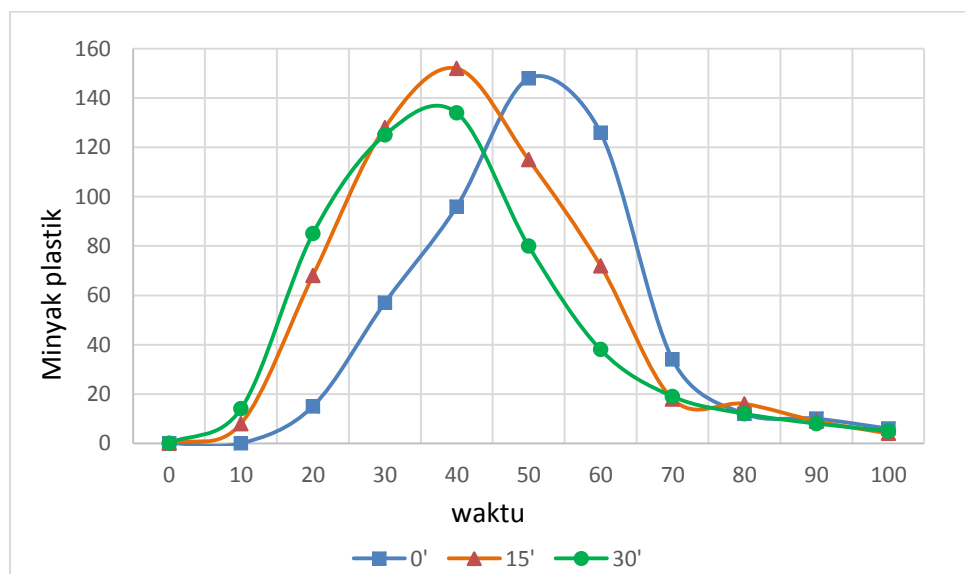
Gambar 4.1 Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Grafik tersebut merupakan hasil dari data yang telah terkalibrasi. Gambar 4.1 di atas menunjukkan bahwa hasil volume minyak untuk sudut 0° dengan debit 12 LPM dan jenis aliran *counter flow*. Pada sudut kondensor 0° antara menit 0-18 minyak belum mulai menetes. Hal ini disebabkan oleh kemiringan kondensor yang dipakai yaitu 0° . Pada kemiringan ini asap yang telah terkondensasi menjadi minyak masih terperangkap di dalam kondensor akibatnya minyak tidak menetes langsung kepenampungan. Pada waktu antara menit 30-40 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 110 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu pada menit 20 sampai menit 30. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit 40 yang menjadi titik puncak pirolisis. Setelah menit ke-40 tersebut plastik yang dibakar didalam 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 didalam reaktor pembakaran.

Percobaan pirolisis dengan sudut 15° dengan debit 12 LPM. Dapat diamati bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu antara menit 40-50 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 130 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 20 sampai menit 30, hasilnya yaitu 50ml. Dalam percobaan menggunakan kemiringan 15° minyak yang dihasilkan cenderung lebih

stabil di menit awal 10-20. Puncak produksi minyak terjadi di menit 50 dengan minyak 130 ml. Setelah menit 50 hasil minyak kemudian terus menurun sampai menit 100. Hal ini menunjukkan bahwa plastik di dalam reaktor sudah menjadi abu.

Kemudian pada sudut 30° dapat dilihat kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 30 sampai menit 40, hasilnya yaitu dari 40 ml naik sampai 120 ml. Kemiringan kondensor sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan. Percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak yang konstan dan paling optimal dari ketiga variasi sudut. Hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor kepenampungan minyak karena gaya gravitasi. Minyak dihasilkan pada menit ke 10, setelah itu produksi meningkat sampai titik puncak pada menit ke 50 dengan hasil minyak 140 ml. Hasil minyak pada kemiringan 30° lebih banyak dari kedua sudut dikarenakan kondensor yang lebih tegak sehingga asap mengalir lebih cepat terkondensasi karena adanya aliran *counter flow*. Hal ini mengakibatkan asap yang terkondensasi langsung mengalir kepenampungan minyak. Penurunan produksi minyak terjadi setelah menit 50, artinya plastik di reaktor sudah mulai berubah menjadi abu.



Gambar 4.2. Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak (Wijaya, 2017)

Jika dibandingkan dengan hasil percobaan penelitian Wijaya dengan debit air pendingin 18 LPM menggunakan jenis aliran *parallel flow* maka dapat dilihat hasil produksi minyak total setiap sudut sebagai berikut pada Tabel 4.7. dibawah :

Tabel 4.7 Perbandingan produksi minyak

Sudut	Hasil Minyak	
	Penelitian	Wijaya
0°	550 ml	540 ml
15°	615 ml	590 ml
30°	635 ml	520 ml

Dari tabel perbandingan produksi minyak diatas maka dapat dilihat dari minyak total yang dihasilkan dari percobaan penelitian menggunakan aliran *counter flow* lebih banyak dari hasil minyak menggunakan aliran *parallel flow*.

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

counter flow:

$$q = m.c (T_2 - T_3)$$

Dimana : q = perpindahan kalor

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

c = Kalor jenis air (4180 kg/ J °C)

T₂ = Suhu masuk fluida pendingin

T₃ = Suhu keluar fluida pendingin

Contoh :

Percobaan 3, menit 40. Diketahui : $m = 0,2 \text{ kg/s}$
 $c = 4180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C}$
 $T_2 = 45,86^\circ\text{C}$
 $T_3 = 44,10^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c (T_2 - T_3) \\ &= 0,2 \text{ kg/s} \cdot 4180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C} \cdot (45,86 - 44,10) ^\circ\text{C} \\ &= 1467,67 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jenis aliran mana yang paling baik antara aliran *counter flow* dengan *parallel flow* maka dicarilah nilai LMTD terlebih dahulu dari masing - masing aliran. Penelitian ini menggunakan jenis aliran *counter flow* sedangkan penelitian sebelumnya yaitu penelitian (Wijaya,2017) menggunakan jenis aliran *parallel flow*.

Aliran *counter flow*:

$$\text{LMTD}_{\text{CF}} = \frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{out}}) - (T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{in}})}{\ln\left(\frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{out}})}{(T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{in}})}\right)}$$

Contoh:

Percobaan 1, menit 30. Diketahui : $T_{h,\text{in}} = 121,02 ^\circ\text{C}$
 $T_{h,\text{out}} = 45,86 ^\circ\text{C}$
 $T_{c,\text{in}} = 35,18 ^\circ\text{C}$
 $T_{c,\text{out}} = 44,10 ^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{LMTD}_{\text{CF}} &= \frac{(121,02 - 44,10) - (45,86 - 35,18)}{\ln\left(\frac{(121,02 - 44,10)}{(45,86 - 35,18)}\right)} \\ &= 33,54 \end{aligned}$$

Penelitian Wijaya (2017) menggunakan aliran *parallel flow*:

$$\text{LMTD}_{\text{PF}} = \frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}}) - (T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{out}})}{\ln\left(\frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}})}{(T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{out}})}\right)}$$

Contoh:

Percobaan 1, menit 30. Diketahui : $T_{h,\text{in}} = 86,58 \text{ }^\circ\text{C}$

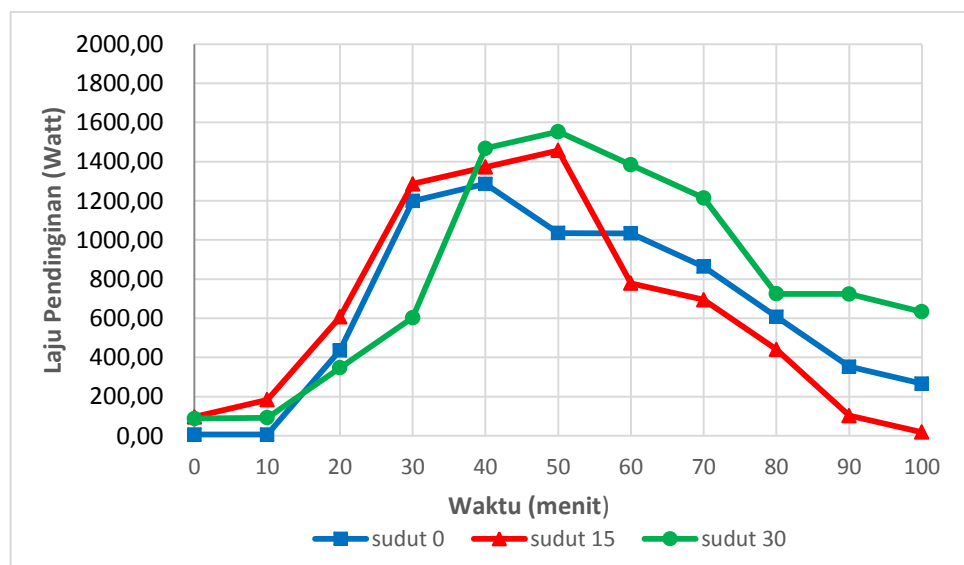
$$T_{h,\text{out}} = 35,08 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{c,\text{in}} = 28,20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{c,\text{out}} = 28,51 \text{ }^\circ\text{C}$$

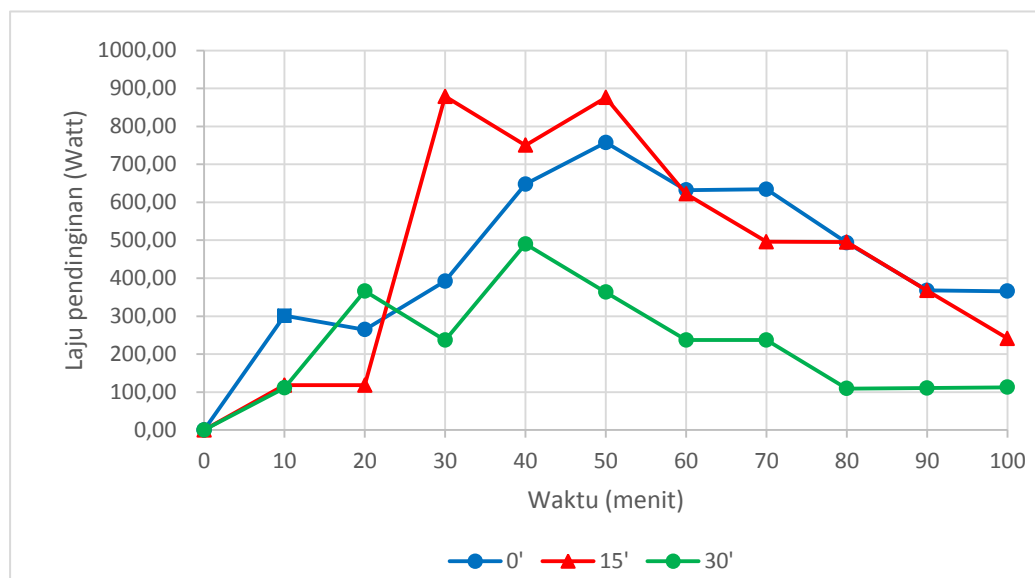
$$\begin{aligned} \text{LMTD}_{\text{PF}} &= \frac{(86,58 - 28,20) - (35,08 - 28,51)}{\ln\left(\frac{(86,58 - 28,20)}{(35,08 - 28,51)}\right)} \\ &= \frac{(58,38 - 6,57)}{\ln\left(\frac{58,38}{6,57}\right)} \\ &= 23,72 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan aliran *counter flow* lebih baik dari aliran *parallel flow* karena nilai satu kalor yang didapat lebih besar sehingga laju pendinginan yang terjadi lebih tinggi dan minyak dihasilkan juga lebih banyak.



Gambar 4.3. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan Gambar grafik 4.3. di atas yang menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi dari ketiga sudut terjadi pada percobaan dengan sudut 30° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 1552,73 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 1286,28 Watt. Percobaan dengan sudut 15° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 1457,22 Watt. Perbedaan titik puncak perpindahan kalor ini dikarenakan sudut yang berbeda. Pada percobaan dengan sudut 0° asap yang mengalir ke kondensor lambat sehingga asap akan mengkondensat di pipa-pipa tembaga dan menghalangi air pendingin ketika mengalir mendinginkan pipa. Berbeda dengan percobaan dengan sudut 15° . Asap mengalir 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 dengan sudut 30° asap yang mengalir melalui pipa berjalan cepat, sehingga asap sepenuhnya terkondensasi langsung keluar.



Gambar 4.4. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan Wijaya

Jika dibandingkan dengan hasil percobaan penelitian Wijaya dengan debit air pendingin 18 LPM menggunakan jenis aliran *parallel flow* maka dapat disimpulkan bahwa hasil nilai laju perpindahan kalor setiap sudut sebagai berikut pada Tabel 4.8. berikut :

Tabel 4.8. Perbandingan nilai laju perpindahan kalor

Sudut	Nilai Laju Perpindahan Kalor	
	Penelitian	Wijaya
0°	1286,28 Watt	757,64 Watt
15°	1457,22 Watt	876,13 Watt
30°	1551,73 Watt	490,25 Watt

Dari tabel perbandingan nilai laju perpindahan kalor diatas maka dapat dilihat dari nilai laju perpindahan kalor yang dihasilkan dari percobaan penelitian menggunakan aliran *counter flow* lebih tinggi dari nilai laju perpindahan kalor menggunakan aliran *parallel flow* dengan ini maka pendinginan lebih cepat.

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

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan sisa plastik yang menjadi abu seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Persentase hasil minyak, sisa abu dan gas

Sudut Kondensor	Plastik (Kg)	Minyak (gr)	Abu (gr)	Persentase Minyak (%)	Persentase Abu (%)	Persentase Gas (%)
0°	1000	391	130,9	39,1	13,09	39,41
15°	1000	444	118,7	44,4	11,87	35,43
30°	1000	479	104,5	47,9	10,45	35,55

Dari tabel 4.9 dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat korelasi antara hasil minyak dengan sisa abu yang didapatkan dalam bahan 1 kg plastik LDPE. Dapat diamati pada tabel diatas dari ketiga percobaan tersebut, Jika minyak yang didapat semakin banyak, maka abu yang didapat semakin sedikit. Inilah korelasi

yang terjadi seperti pada sudut 0° minyak yang dihasilkan mencapai 39,1 % dari 1 kg plastik yang dibakar hanya tersisa abu sebanyak 13,09 % dari plastik. Pada sudut 15° minyak yang dihasilkan mencapai 44,4 % sisa abu sebanyak 11,87% dan pada sudut 30° minyak yang dihasilkan sebanyak 47,9 % dan sisa abu lebih sedikit yaitu 10,45 % dari bahan plastik yang dibakar. Kesimpulan yang didapat dari percobaan pirolisis dengan debit 12 LPM menggunakan aliran *counter flow* dan variasi sudut yang lebih maksimal dilakukan pada sudut 30°.

4.6 Korelasi Hasil Minyak terhadap Bahan Bakar yang Terpakai

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan bahan bakar yang dipakai selama percobaan.

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

$$\eta = \frac{m_M \times nc_M}{m_G \times nc_G}$$

Keterangan:

η = Efisiensi bahan bakar (%)

m_M = Massa minyak (gram)

m_G = Massa gas LPG (gram)

nc_M = Nilai kalor minyak (Cal/g), didapat dari hasil uji kalor

minyak plastik LDPE hasil pirolisis sebesar 10898,06 Cal/g

nc_G = 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°

Deketahui : m_M = 391 gram

m_G = 1350 gram

nc_M = 10898,06 Cal/g

nc_G = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{m_M \times nc_M}{m_G \times nc_G}$$

$$\eta = \frac{391 \times 10898,06}{1350 \times 11666,67} \times 100\%$$

$$\eta = 27,05\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 15°

Diketahui : $m_M = 444$ gram

$m_G = 1340$ gram

$nc_M = 10898,06$ Cal/g

$nc_G = 11666,67$ Cal/g

$$\eta = \frac{m_M \times nc_M}{m_G \times nc_G}$$

$$\eta = \frac{444 \times 10898,06}{1340 \times 11666,67} \times 100\%$$

$$\eta = 30,95\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 30°

Diketahui : $m_M = 479$ gram

$m_G = 1340$ gram

$nc_M = 10898,06$ Cal/g

$nc_G = 11666,67$ Cal/g

$$\eta = \frac{m_M \times nc_M}{m_G \times nc_G}$$

$$\eta = \frac{479 \times 10898,06}{1340 \times 11666,67} \times 100\%$$

$$= 33,39\%$$

Tabel 4.10 Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar yang Terpakai dengan Penelitian (Wijaya, 2017)

Sudut (°)	Penelitian				Penelitian Wijaya			
	Hasil Minyak		Bahan Bakar Terpakai (gr)	Efisiensi Bahan Bakar (%)	Hasil Minyak		Bahan Bakar Terpakai (gr)	Efisiensi Bahan Bakar (%)
	Volume (ml)	Massa (gr)			Volume (ml)	Massa (gr)		
0	550	391	1350	27,05	540	414	1440	26,43
15	615	444	1340	30,95	690	451	1430	28,21
30	635	479	1340	33,39	520	392	1470	25,20

Tabel 4.10. diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengisolasian pada reaktor dapat meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar. Selanjutnya untuk mengetahui nilai ekonomis dari hasil minyak pirolisis dengan bahan bakar yang digunakan maka dilakukan perhitungan nilai ekonomisnya.

1. Harga LPG per kilo joule

Harga LPG 3kg = Rp 20.000,00

$$\begin{aligned}
 E_{LPG} &= n_{C_{LPG}} \times m_{LPG} \\
 &= 48846.013 \text{ kJ/kg} \times 3\text{kg} \\
 &= 146.538,03 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Harga LPG/kj ...?

$$\text{LPJ/kj} = \frac{\text{Rp } 20.000}{146.538,03}$$

$$= \text{Rp } 0,1365/ \text{ kJ}$$

Jadi harga LPG per kilo joule sebesar Rp 0,1365

2. Harga minyak pirolisis per kilo joule

Harga minyak = Rp 5.150,00

Hasil minyak pirolisis 1 kali percobaan 635 ml

Konsumsi LPG satu kali percobaan 1,34 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 1 kg LPG} &= \frac{635}{1,34} \\
 &= 473,88 \text{ ml} = 0,47388 \text{ l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga MP} &= \text{Rp } 5.150,00 \times 0,47388 \ell \\ &= \text{Rp } 2.440,48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\text{MP}} &= \rho \times v \\ &= 0,47388 \times 10^{-3} m^3 \times 762 \text{ kg}/m^3 \\ &= 0,361 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi untuk 1 kg LPG menghasilkan minyak sebanyak 0,361 kg

$$\begin{aligned}E_{\text{LPG}} &= n c_{\text{MP}} \times m_{\text{MP}} \\ &= 45627,99 \text{ kJ/kg} \times 0,361 \text{ kg} \\ &= 1646,91 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka harga per kilo joulenya} &= \frac{\text{Harga Mp}}{E_{\text{LPG}}} \\ &= \frac{\text{Rp } 2.440,48}{1646,91 \text{ kJ}} \\ &= 0,1457/\text{kJ}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai ekonomis dari gas LPG lebih rendah dari minyak pirolisis. Maka jika minyak pirolisis ini dikembangkan lebih jauh lagi kurang efisien pada bahan bakar yang digunakan pada penelitian pirolisis karena pemakaian LPG tidak sebanding dengan minyak yang dihasilkan.

4.7 Karakteristik Hasil Minyak

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

Tabel 4.11. Karakteristik minyak plastik

No	Parameter	Karakteristik Hasil Uji Minyak	
		Hasil Penelitian	Penelitian Wijaya
1	Densitas	0,762 gr/ml	0,774 gr/ml
2	Viskositas	3,2-3,4 mm ² /s	3-3,2 mm ² /s
3	Nilai kalor	11.000,29 Cal/gr	10.727,59 Cal/gr
4	Flash point	31-34 °C	33-37 °C

Jika dibandingkan dengan penelitian hasil uji karakteristik minyak (Wijaya, 2017) maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis namun tidak jauh berbeda karena bahan baku yang dipakai sama yaitu plastik jenis LDPE.

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 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 4.12. berikut:

Tabel 4.12. Perbandingan Karakteristik BBM

No	Karakteristik	Minyak Pirolisis Plastik	Solar	Premium
1	Viskositas (mm ² /s)	3,2	2 - 5	0,8
2	Densitas (kg/m ³)	762	815 - 870	680
3	Nilai kalor (cal/gr)	11.000,29	9.240	11.414,45
4	Flash point (°C)	31-34	60	38-72

Dari Tabel 4.12. diatas dapat diamati bahwa dari ketiga perbandingan karakteristik minyak bahwa karakteristik minyak plastik hasil pirolisis lebih mendekati karakteristik dari solar. Jika dibandingkan dengan karakteristik premium ada perbedaan yang cukup jauh dari nilai viskositas, karakteristik dari minyak pirolisis lebih tinggi dari premium. Hal ini dapat mengakibatkan laju aliran lambat karena kekentalannya tinggi kemudian temperatur juga akan cepat naik.

4.8 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 4.13. Berikut :

Tabel 4.13. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Hasil Penelitian	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	550 ml 615 ml 635 ml
Wijaya, 2017	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	540 ml 590 ml 520 ml
Andriyanto, 2017	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	600 ml 560 ml 500 ml
Santoso, 2010	1 kg LDPE	450°C	-	400 ml
Kadir, 2012	1 kg PP,PET,HDPE	400-415°C	-	447 ml 484 ml 403 ml

Tabel diatas menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan plastik LDPE 1 kg dan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, pada sudut 0°, menghasilkan minyak sebanyak 550 ml, pada sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 615 ml, dan pada sudut 30° menghasilkan minyak sebanyak 635 ml.