

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 air searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan LDPE (*Low density polyethylene*) dari plastik kresek hitam dengan debit air pendingin 18 LPM. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis plastik.

4.2 Data Terkalibrasi

4.2.1 Percobaan 1, Debit 18 LPM Sudut 0°

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut 0° minyak yang dihasilkan adalah 540 ml. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut :

Tabel4.1 Data percobaan sudut 0°

Debit 18 LPM, sudut 15, berat gas 1,44 kg							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	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	301.08	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	302.0	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	367.69	10	92.41
100	47.08	36.82	37.12	35.69	314.6	365.49	6	93.52

Percobaan pertama menggunakan bahan 1 kg plastic LDPE yang dipotong dengan ukuran sekitar 5cm x 5cm. Pembakaran dilakukan dengan kompor gas yang disesuaikan suhunya antara 300 °C -350°C. Minyak mulai menetes pada menit ke 16 dan terus meningkat sampai menit ke 50, kemudian produksi minyak menurun. Pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat dan hanya menghasilkan 6ml. Total minyak yang didapat selama percobaan pirolisis 0° adalah 505 ml. Setelah kondensor dibuka ternyata ada minyak yang tertinggal didalamnya sebanyak 35ml sehingga total produksi minyak menjadi 540 ml.

4.2.2 Percobaan 2, debit 18 LPM sudut 15⁰

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut 15⁰ menghasilkan minyak sebanyak 590ml. Hasil dapat dilihat pada gambar 4.2.

Tabel 4.2. Data Percobaan Sudut 15⁰

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

Percobaan kedua pada pirolisis plastic LDPE menggunakan debit 18LPM dan sudut kemiringan kondensor 15° . Suhu pembakaran dijaga pada 300°C - 350°C . Minyak mulai menetes pada menit ke 8 dan menghasilkan minyak total mencapai 590 ml. Tidak ada minyak yang tersisa di kondensor, minyak mengalir lancar ke penampung karena kondensor dimiringkan 15° .

4.2.3 Percobaan 3, debit 18 LPM sudut 30°

Pengujian pada debit 18 LPM, sudut 30° menghasilkan minyak sebanyak 520 ml. Hasil dapat dilihat pada gambar 4.3.

Tabel 4.3. Data Percobaan Sudut 30°

Debit 18 LPM, sudut 30, berat gas 1,43 Kg							Minyak /10 menit (ml)	akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 ($^{\circ}\text{C}$)	T2 ($^{\circ}\text{C}$)	T3 ($^{\circ}\text{C}$)	T4 ($^{\circ}\text{C}$)	T5 ($^{\circ}\text{C}$)	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	320.2	112.52	5	100.00

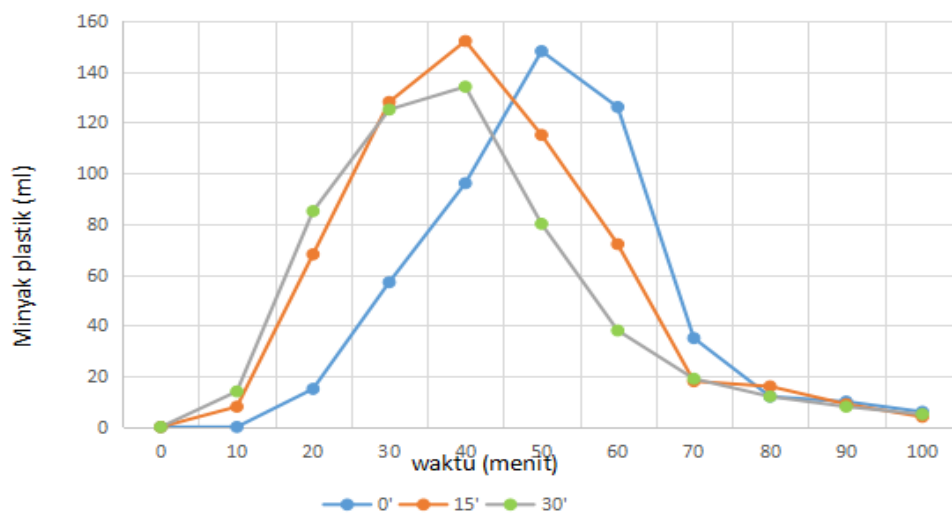
Pada percobaan ketiga pirolisis menggunakan debit 18LPM dan sudut kemiringan kondensor 30° . Minyak mulai menetes pada menit ke 8. Total minyak yang didapat adalah 520ml. Kemiringan sebesar ini menjadikan minyak langsung mengalir ke penampung dengan lancar, tetapi juga mempercepat laju asap yang

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 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 terbesar untuk sudut 0° dengan debit 18 LPM dan jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada waktu antara menit 40-50 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 148 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 30 sampai menit 50. Pada menit awal antara 0-20 tidak minyak hanya keluar sedikit. Hal ini disebabkan oleh kemiringan kondensor yang dipakai yaitu 0° . Pada kemiringan ini asap yang telah terkondensasi menjadi minyak masih terperangkap di dalam kondensor. Hasil

minyak terbanyak yaitu pada menit 40 yang menjadi titik puncak pirolisis. Setelah menit ke-50 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor sebagian sudah menjadi abu. Hal ini ditandai dengan penurunan jumlah produksi asap cair / minyak yang diperoleh. Terjadi penurunan hasil minyak yang signifikan pada menit 60 yaitu dari 126 ml ke 34 ml. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada didalam reaktor pembakaran. Minyak yang dihasilkan sangat sedikit pada menit 100 yang menandai plastik yang dibakar sudah berubah menjadi abu.

Selain pada sudut 0^0 analisa juga pada sudut 15^0 dengan debit 18 LPM. Dapat diamati bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu antara menit 30-40 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 152 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 10 sampai menit 20, hasilnya yaitu 60ml. Dalam percobaan menggunakan kemiringan 15^0 minyak yang dihasilkan cenderung lebih stabil di menit awal 10-20. tetapi menghasilkan hasil yang besar di menit berikutnya. Puncak produksi minyak terjadi di menit 40 dengan minyak 152ml. Setelah menit 40 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 30^0 dapat dilihat kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 10 sampai menit 20, hasilnya yaitu dari 14 ml naik sampai 85 ml. Kemiringan kondensor sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan. Percobaan dengan sudut 30 menghasilkan minyak yang konstan dan 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 12, setelah itu produksi meningkat sampai titik puncak pada menit ke 40 dengan hasil minyak 134 ml. Hasil minyak pada kemiringan 30^0 tidak sebanyak minyak pada percobaan sudut 15^0 dikarenakan kondensor yang terlalu miring sehingga asap mengalir terlalu cepat. Hal ini mengakibatkan asap yang belum terkondensasi sempurna terbuang lewat cerobong asap. Penurunan produksi minyak terjadi setelah menit 40, artinya

plastik di reaktor sudah mulai berubah menjadi abu. Produksi minyak pada menit 90-100 hanya 5 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* :

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

Dimana : q = perpindahan kalor

m = Laju masa fluida (kg/s) untuk debit 18 liter / menit = 0,3 kg/s

c = Kalor jenis air (4180 kg/ J °C)

T₃ = Suhu masuk fluida pendingin

T₂ = Suhu keluar fluida pendingin

Contoh :

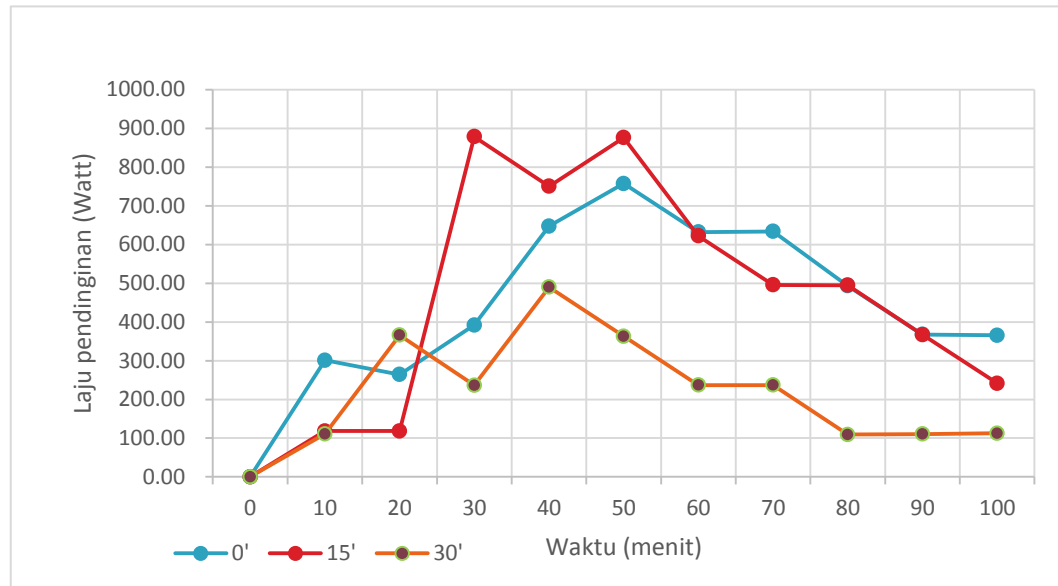
Percobaan 1, menit 50. Diketahui : m = 0,3 kg/s

c= 4180 J / Kg °C

T₃ = 33.7749 °C

T₂ = 33.1707 °C

$$\begin{aligned} q &= m.c (T_3 - T_2) \\ &= 0,3 \text{ kg/s} \cdot 4180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C} \cdot (33.7749 - 33.1707) ^\circ\text{C} \\ &= 757.64 \text{ Watt} \end{aligned}$$



Gambar 4.2. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan gambar 4.2 di atas, dan menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut 15° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 878,95 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0 mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 757,64 Watt. Dan percobaan dengan sudut 30 mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 409,25 watt. Perbedaan titik puncak perpindahan kalor ini dikarenakan sudut yang berbeda. Pada percobaan 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 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° asap yang mengalir melalui pipa berjalan terlalu cepat, sehingga ada asap yang belum sepenuhnya terkondensasi malah terburu-buru keluar tanpa menjadi minyak.

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 gambar 4.6.

Tabel 4.4. Presentase Hasil Minyak, Sisa Abu dan Gas

Sudut kondensor	Plastik (gr)	Minyak (gr)	Abu (gr)	Persentase Minyak(%)	Persentase Abu (%)	Persentase gas (%)
0 ⁰	1000	414	173	41.4	17.3	41.3
15 ⁰	1000	451	154	45.1	15.4	39.5
30 ⁰	1000	392	223	39.2	22.3	38.5

Dari gambar 4.4 dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat korelasi antara hasil minyak dengan sisa abu yang didapatkan dalam bahan 1 kg plastik LDPE. Bisa diamati pada ketiga percobaan tersebut, Jika minyak yang didapat semakin banyak, maka abu yang didapat semakin sedikit. Hal ini menunjukkan sistem yang sempurna karena asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan juga tidak terbang ke lingkungan. Inilah korelasi yang terjadi seperti pada sudut 0⁰ minyak yang dihasilkan mencapai 45.1 % dari 1 kg plastik yang dibakar hanya tersisa abu sebanyak 15.4 % dari plastik. Sebanding dengan hal itu pada sudut 30⁰ minyak yang dihasilkan 39.2 % dan sisa abu lebih banyak yaitu 22.3 % dari bahan plastik yang dibakar. Kesimpulan yang didapat dari percobaan pirolisis dengan debit 18 LPM dan variasi sudut ini lebih maksimal dilakukan pada sudut 15⁰.

4.6 Karakteristik hasil

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

Tabel 4.5 Karakteristik minyak plastic

No	Parameter	Nilai
1	Densitas	0,774 gr/ml
2	Viskositas	3-3.2 mm ² /s
3	Nilai kalor	10.727,59 Cal/gr
4	flash point	33-37 ⁰ C

Jika dibandingkan dengan penelitian Gauraf dkk maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis. Tabel karakteristik penelitian Gauraf dkk bisa diamati pada gambar berikut :

Tabel 4.6 karakteristik minyak plastic Gauraf dkk

No	Properties	Value
1	Density	702.5 kg/m ³
2	Viscosity	5.27 m. Poise
3	Flash Point	22 ⁰ C
4	Fire Point	29 ⁰ C
5	Calorific Value	43796.02 KJ/kg

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 berikut :

Tabel 4.7 Perbandingan Karakteristik BBM

No	Karakteristik	Minyak plastik	Premium	Solar	minyak tanah	sumber
1	Viskositas (mm ² /s)	3-3.2	0,8	2-5	1,4	Pertamina, (2016)
2	Densitas (kg/m ³)	774	680	815 - 870	800	Surono, (2013)
3	Nilai kalor (cal/gr)	10.727,59	11.414,45	9.240	10.748	Ramadhan, (2013)
4	Flash point (°C)	33-37	43-45	60	38-72	

Dari Tabel 4.7 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 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 table 4.8 berikut :

Tabel 4.8 Perbandingan dengan penelitian lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Sudut 0 Sudut 15 Sudut 30	1 kg LDPE	300- 350	100 menit	540 ml 590 ml 520 ml
Ricki Rafli dkk.	2 kg sampah plastic campur	400- 800	3jam 15 menit	1,25 liter
Sudhir B Desai dan Chetan K. Galage	150 gr LDPE	300	30 menit	100 ml
Kanika Mathur dan Chaudhari Shubham	1,5 kg limbah molding	400	85 menit	1,65 liter
Gaurav dkk.	300 gr PP + 300 gr LDPE	300- 500	-	90 % minyak 4% abu
Sigit Haryadi	500 gr HDPE	300	17,5 menit	400 ml
Hendra Prasetyo	1 Kg sampah plastic campur	200 300	25 30	500 ml 500 ml