

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Variasi sudut kondensor dalam penelitian ini yaitu : sudut  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ , dan  $30^{\circ}$  serta aliran air dalam kondensor yaitu aliran air searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan LDPE (*Low density polyethylene*) dari plastik kresek hitam. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis plastik.

### 4.2 Data Terkalibrasi

Hasil minyak yang diperoleh dalam hal penelitian pada kondensor ini adalah pengukuran volume minyak plastik yang dihasilkan. Pengujian pada debit 6 LPM, sudut  $0^{\circ}$ , dan gas yang terpakai yaitu 1,61 kg. Minyak yang dihasilkan 600 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Data Percobaan Sudut  $0^{\circ}$

Debit 6 LPM, Sudut 0 derajat, Gas Terpakai 1,61 kg								
WAKTU (menit)	T1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T4 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T5 ( $^{\circ}\text{C}$ )	q (watt)	Hasil Minyak (ml)	Produksi Minyak (%)
0	27	25	25	27	30	0,0	0	0,00
10	67,6	29,1	29,6	29,0	230	214,4	13	2,17
20	109,0	29,9	31,2	28,6	280	552,1	130	23,83
30	146,6	30,8	32,3	28,9	303	593,5	173	52,67
40	68,2	32,2	33,6	29,6	306	592,1	158	79,00
50	70,3	33,2	34,4	29,3	313	506,5	36	85,00
60	71,3	34,5	35,6	29,9	316	462,8	30	90,00
70	73,7	35,1	36,1	30,6	319	419,8	25	94,17
80	68,0	36,0	37,0	30,6	321	418,9	20	97,50
90	60,8	36,1	37,0	30,3	324	376,5	10	99,17
100	49,9	37,1	37,9	29,7	327	333,1	5	100,00

Pengujian pada debit 6 LPM, sudut  $15^{\circ}$ , dan gas yang terpakai yaitu 1,40 kg. Minyak yang dihasilkan 560 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Data Percobaan Sudut 15<sup>0</sup>

Debit 6 LPM, Sudut 15 derajat, Gas Terpakai 1,40 kg								
WAKTU (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	q (watt)	Hasil Minyak (ml)	Produksi Minyak (%)
0	29	27	27	29	30	0,0	0	0,00
10	91,8	27,0	27,4	33,0	232	174,3	11	1,96
20	92,1	28,1	29,3	33,2	278	511,7	124	24,11
30	92,5	29,5	30,8	33,3	300	552,5	170	54,46
40	74,3	31,1	32,5	33,7	303	550,9	155	82,14
50	74,4	32,6	33,7	33,8	310	464,8	34	88,21
60	67,5	35,2	36,2	34,1	313	419,7	20	91,79
70	66,9	36,0	37,0	34,3	317	418,9	18	95,00
80	66,5	36,5	37,5	34,4	320	418,4	14	97,50
90	62,0	36,8	37,7	34,8	322	375,7	10	99,29
100	55,8	36,9	37,6	35,0	326	291,0	4	100,00

Pengujian pada debit 6 LPM, sudut 30<sup>0</sup>, dan gas yang terpakai yaitu 1,10 kg. Minyak yang dihasilkan 500 ml. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

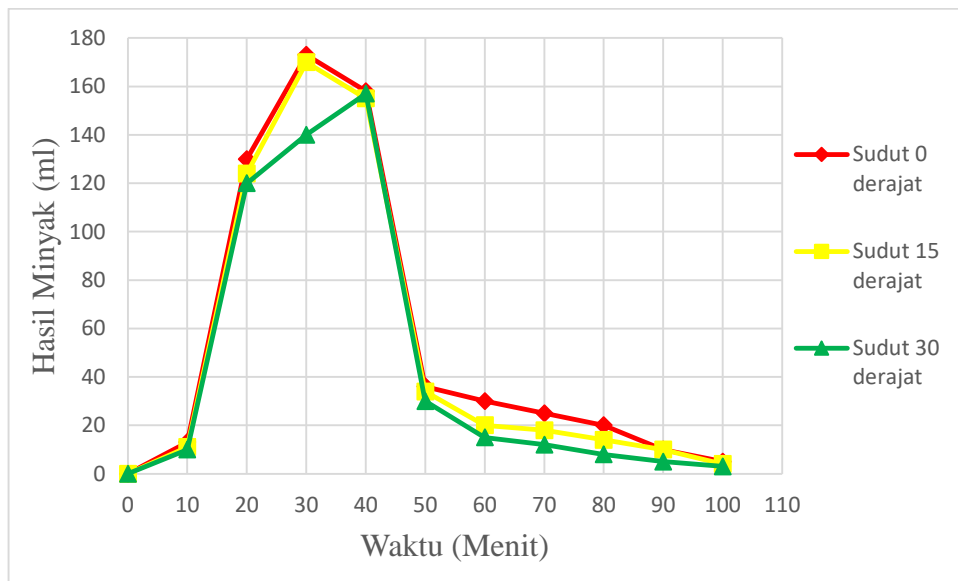
Tabel 4.3. Hasil Data Percobaan Sudut 30<sup>0</sup>

Debit 6 LPM, Sudut 30 derajat, Gas Terpakai 1,10 kg								
WAKTU (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	q (watt)	Hasil Minyak (ml)	Produksi Minyak (%)
0	28	29	29	28	30	0,0	0	0,0
10	49,7	31,9	32,3	31,5	230	169,3	10	2,0
20	58,3	32,3	33,5	31,7	279	507,4	120	26,0
30	58,4	32,9	34,2	32,1	301	549,1	140	54,0
40	58,9	33,1	34,4	33,8	303	553,1	157	85,4
50	57,4	33,2	34,3	34,3	309	464,1	30	91,4
60	56,3	33,4	34,4	34,5	312	417,4	15	94,4
70	55,4	33,5	34,5	34,6	318	417,3	12	96,8
80	53,7	33,6	34,6	34,8	319	412,9	8	98,4
90	52,8	33,7	34,5	35,0	323	336,7	5	99,4
100	52,6	34,0	34,6	35,0	324	251,7	3	100,0

Untuk Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3. akan ditampilkan menggunakan grafik pada pembahasan.

### 4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuklah hubungan antara lama waktu yang terlaksana dengan hasil minyak yang didapatkan. Hasil penelitian hubungan antara waktu dengan hasil minyak yang didapatkan pada pengujian pirolisis sampah plastik akan dijelaskan dalam Gambar 4.1.



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  $0^{\circ}$  dengan debit 6 LPM dan jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada waktu antara menit 20-30 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 173 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 10 sampai menit 20, hasilnya yaitu dari 13 ml naik sampai 130 ml. Dari analisis yang dapat dilihat pada saat percobaan yaitu sebelum menit ke-10 hanya menghasilkan asap yang sangat tebal dan kotor maka asap tersebut hanya terbuang dan tidak dapat terubah oleh kondensor menjadi minyak yang dapat dihasilkan. Lalu setelah menit ke-10 maka asap tebal serta kotor tersebut sudah hilang dan yang keluar yaitu asap bersih yang dapat dikondensasi oleh kondensor tersebut. Selain itu dapat ditarik kesimpulan juga bahwa dari awal percobaan sampai menit ke-30 asap cair atau minyak terproduksi banyak dan

meningkat selama menitnya, dan titik puncaknya yaitu menit ke-30. Setelah menit ke-30 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor tampaknya sudah sebagian menjadi abu. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari pengamatan data tersebut karena tampak penurunan jumlah produksi asap cair yang dari 173 ml turun menjadi 158 ml pada menit ke-40. Selain kenaikan yang signifikan penurunan produksipun juga sangat signifikan, terlihat bahwa pada menit ke-50 hasilnya hanya 36 ml. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada didalam reaktor pembakaran. Hasil minyak selesai menetes dari kondensor pada menit ke-100 dengan artian bahwa plastik yang dibakar didalam reaktor memang benar-benar habis dan sudah menjadi abu.

Selain pada sudut  $0^{\circ}$  analisa juga pada sudut  $15^{\circ}$  dengan debit 6 LPM dan jenis aliran *parallel flow* yaitu menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu antara menit 20-30 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 170 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 10 sampai menit 20, hasilnya yaitu dari 11 ml naik sampai 124 ml. Dari analisis yang dapat dilihat pada saat percobaan yaitu sebelum menit ke-10 hanya menghasilkan asap yang sangat tebal dan kotor maka asap tersebut hanya terbuang dan tidak dapat terubah oleh kondensor menjadi minyak yang dapat dihasilkan. Lalu setelah menit ke-10 maka asap tebal serta kotor tersebut sudah hilang dan yang keluar yaitu asap bersih yang dapat dikondensasi oleh kondensor tersebut. Selain itu dapat ditarik kesimpulan juga bahwa dari awal percobaan sampai menit ke-30 asap cair atau minyak terproduksi banyak dan meningkat selama menitnya, dan titik puncaknya yaitu menit ke-30. Setelah menit ke-30 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor tampaknya sudah sebagian menjadi abu. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari pengamatan data tersebut karena tampak penurunan jumlah produksi asap cair yang dari 170 ml turun menjadi 155 ml pada menit ke-40. Selain kenaikan yang signifikan penurunan produksipun juga sangat signifikan, terlihat bahwa pada menit ke-50 hasilnya hanya 34 ml. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada didalam reaktor pembakaran. Hasil minyak selesai menetes dari kondensor pada menit ke-100 dengan artian bahwa

plastik yang dibakar didalam reaktor memang benar-benar habis dan sudah menjadi abu.

Berbeda dengan sudut  $15^{\circ}$  yang ada persamaan dengan sudut  $0^{\circ}$  pada sudut  $30^{\circ}$  yaitu menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu antara menit 30-40 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 157 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 10 sampai menit 20, hasilnya yaitu dari 10 ml naik sampai 120 ml. Dari analisis yang dapat dilihat pada saat percobaan yaitu sebelum menit ke-10 hanya menghasilkan asap yang sangat tebal dan kotor maka asap tersebut hanya terbuang dan tidak dapat terubah oleh kondensor menjadi minyak yang dapat dihasilkan. Lalu setelah menit ke-10 maka asap tebal serta kotor tersebut sudah hilang dan yang keluar yaitu asap bersih yang dapat dikondensasi oleh kondensor tersebut. Selain itu dapat ditarik kesimpulan juga bahwa dari awal percobaan sampai menit ke-40 asap cair atau minyak terproduksi banyak dan meningkat selama menitnya, dan titik puncaknya yaitu menit ke-40. Setelah menit ke-40 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor tampaknya sudah sebagian menjadi abu. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari pengamatan data tersebut karena tampak penurunan jumlah produksi asap cair yang dari 157 ml turun menjadi 30 ml pada menit ke-50. Selain kenaikan yang signifikan penurunan produksipun juga sangat signifikan, terlihat bahwa pada menit tersebut hasilnya hanya 30 ml. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada didalam reaktor pembakaran. Hasil minyak selesai menetes dari kondensor pada menit ke-100 dengan artian bahwa plastik yang dibakar didalam reaktor memang benar-benar habis dan sudah menjadi abu.

#### **4.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya**

Untuk mengetahui dengan perbandingan sebelumnya perlu ada pembahasan yang tepat mengenai hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Perbandingan Pengujian Pirolisis Plastik

Perbandingan			
Sumber	Suhu maksimal (derajat C)	Bahan (gr)	Hasil minyak (ml)
Percobaan sudut 0 <sup>0</sup>	327	1000 (LDPE)	600
Percobaan sudut 15 <sup>0</sup>	326		560
Percobaan sudut 30 <sup>0</sup>	324		500
Kadir, 2012	400	1000 (PET)	447
	300	1000 (PP)	484
	415	1000 (HDPE)	403
Santoso, 2010	450	1000 (LDPE)	400
Haryadi, 2015	300	500 (PP)	314
	300	500 (HDPE)	363

Untuk mengetahui seberapa efisien alat pirolisis yang telah digunakan maka dibuatlah Tabel 4.4 tersebut. Dapat dilihat bahwa dengan bahan yang beratnya sama percobaan pada sudut 0<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup>, dan 30<sup>0</sup> menghasilkan hasil yang lebih banyak secara keseluruhan. Hal ini disebabkan karena suhu yang dihasilkan pada penelitian (Kadir, 2012) nyala api tidak stabil. Apabila dibandingkan dengan penelitian (Santoso, 2010) percobaan pada sudut 0<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup>, dan 30<sup>0</sup> menghasilkan hasil yang lebih banyak karena suhu reaktor yang digunakan oleh (Santoso, 2010) tidak stabil karena tutup reaktor sering dibuka untuk menimbang bahan yang telah menjadi abu. Hal tersebut sangat tidak disarankan karena membuat temperatur reaktor tidak akan stabil dan juga asap tidak akan terkondensasi dengan baik. Apabila dibandingkan dengan penelitian (Haryadi, 2015) percobaan pada sudut 0<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup>, dan 30<sup>0</sup> bisa dibilang kurang. Hal tersebut bisa dilihat dari bahan uji dan hasil yang diperoleh cukup banyak. Penelitian (Haryadi, 2015) menggunakan tutup reaktor tertutup rapat dan juga menggunakan aliran jenis *counter flow*.

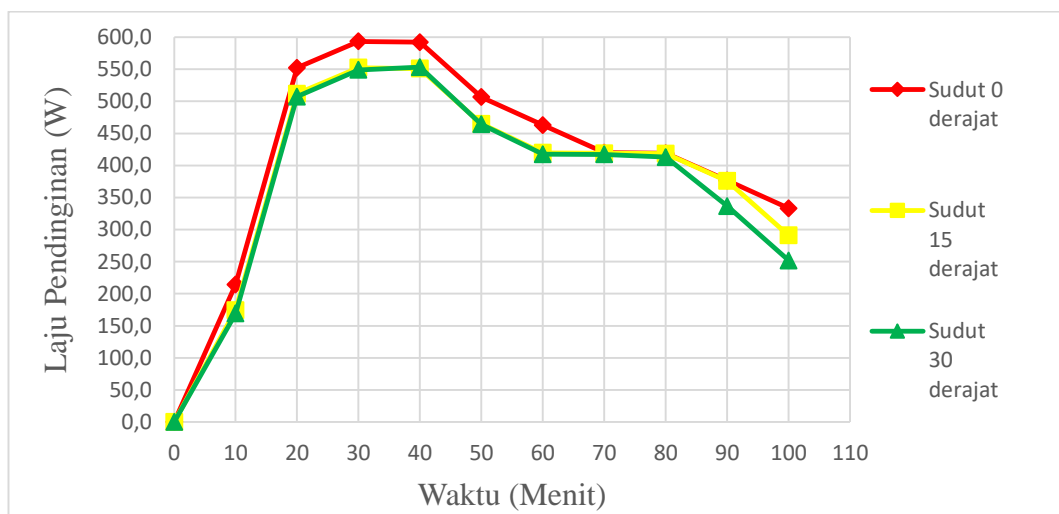
#### 4.5 Korelasi Waktu Terhadap Laju Perpindahan Panas

Nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian ini 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* pada Tabel 4.1. menit ke-10 :

$$\begin{aligned}
 q &= m_c \times c_c \times (T_3 - T_2) \\
 &= 0,1 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ kg/J}^{\circ}\text{C} \times (29,6 \text{ }^{\circ}\text{C} - 29,1 \text{ }^{\circ}\text{C}) \\
 &= 214,4 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Untuk gambar korelasi waktu terhadap nilai laju perpindahan panas bisa dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Korelasi Waktu Terhadap Nilai Laju Pendinginan

Sesuai dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan Gambar 4.2. di atas, dan menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi terjadi pada sudut  $0^{\circ}$  dan nilai laju perpindahan panas terendah terjadi pada sudut  $30^{\circ}$ . Dengan sudut yang ada sangat berpengaruh terhadap terbentuknya korelasi Gambar 4.2. untuk mendinginkan atau mengkondensasikan asap sehingga dapat menjadi cairan minyak yang maksimal.

#### 4.6 Korelasi Total 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 4.5.

Tabel 4.5. Presentase Hasil Minyak Dan Sisa Abu

Sudut (derajat)	Plastik (gr)	Persentase Minyak (%)	Persentase Abu (%)	Persentase Gas (%)
0	1000	44,2	11,7	44,1
15	1000	42,8	16	41,2
30	1000	37,5	26,2	36,3

Dari Tabel 4.5. dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat korelasi antara hasil minyak dengan sisa abu yang didapatkan dalam bahan 1 kg plastik LDPE. Apabila minyak yang didapatkan dalam satu percobaan mempunyai volume yang banyak maka abu yang tersisa akan sedikit, dan apabila minyak yang dihasilkan semakin sedikit maka sisa abu yang didapatkan akan semakin banyak. Inilah korelasi yang terjadi seperti pada sudut 0<sup>0</sup> minyak yang dihasilkan mencapai 44,2 % dari 1 kg plastik yang dibakar hanya tersisa abu sebanyak 11,7 % dari plastik. Sebanding dengan hal itu pada sudut 30<sup>0</sup> minyak yang dihasilkan 37,5 % dan sisa abu lebih banyak yaitu 26,2 % dari bahan plastik yang dibakar.

#### 4.7 Data Hasil Karakteristik Bahan Bakar Cair Minyak Pirolisis

Minyak hasil percobaan pirolisis plastik mempunyai beberapa karakteristik untuk mengetahui sifat dari bahan bakar cair tersebut seperti pada Tabel 4.6. berikut

Tabel 4.6. Data Karakteristik Hasil Minyak

No	Parameter	Minyak Plastik	Minyak Tanah	Solar	Premium
1	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	3 - 3,2	1,4	2 - 4,5	0,7
2	Nilai Kalor (cal/g)	10727,6 - 10836,8	10939,1	9240	11297,4
3	Densitas (g/ml)	0,8	0,9	0,8	0,7
4	Flash Point (°C)	32,2	60,2	52	43



Dari Tabel 4.6. dapat ditarik suatu pernyataan bahwa untuk viskositas paling tinggi dibandingkan dengan minyak tanah, solar, dan premium, minyak hasil pirolisis berada pada posisi tengah 3 - 3,2 mm<sup>2</sup>/s yaitu dengan artian bahwa minyak hasil pirolisis plastik LDPE mempunyai kekentalan yang sedang dan bisa juga dikategorikan masuk kedalam karakteristik viskositas solar. Untuk nilai kalor sendiri minyak pirolisis plastik LDPE berada pada posisi tengah juga dengan hasil sekitar 10727,6 - 10836,8 cal/g dan yang paling tinggi yaitu nilai kalor dari premium. Sedangkan nilai densitas atau sering disebut dengan massa jenis dari minyak plastik LDPE mempunyai densitas yang sama dengan bahan bakar solar yaitu mencapai nilai 0,8 g/ml dan masih dibawah nilai massa jenis minyak tanah dengan nilai 0,9 g/ml serta lebih tinggi dari premium dengan nilai 0,7 g/ml. Serta untuk nilai pengujian *flash point* atau titik nyala api minyak pirolisis plastik paling cepat terbakar karena mempunyai nilai yang paling rendah yaitu 32,2 °C dan paling cepat diantara minyak tanah, minyak solar, dan premium.