

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan variasi sudut kondensor yaitu: 0°, 15°, dan 30°. Pada aliran air sebagai pendingin di dalam kondensor menggunakan laju aliran yang searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan debit air 12 LPM. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah berupa limbah ban luar sepeda motor dengan berat 3 kg. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis limbah ban.

#### 4.2 Data Terkalibrasi

##### 4.2.1 Percobaan 1, sudut 0° dengan debit air 12 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut kondensor 0° dengan debit air pendingin 12 LPM menghasilkan minyak sebanyak 277 ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan pada sudut 0°

Debit 12 LPM, sudut 0°, Gas yang terpakai 1.33 kg							Minyak /10 menit (ml)	akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	q (Watt)		
0	28,95	27,79	27,70	28,61	31,2	0,00	0	0,00
10	56,50	28,30	28,41	28,71	168,8	91,94	0	0,00
20	54,17	28,91	29,02	28,71	222,6	90,69	20	7,22
30	58,12	29,62	29,93	29,22	286,4	258,50	71	32,85
40	57,51	30,13	30,43	29,64	298,3	257,45	66	56,68
50	53,25	30,73	30,94	30,15	310,2	171,56	50	74,73
60	51,63	31,14	31,35	30,46	317,9	170,73	25	83,75
70	45,66	31,95	32,05	31,28	321,3	84,42	17	89,89
80	43,73	32,56	32,66	31,48	313,7	83,17	14	94,95
90	41,91	33,07	33,17	31,59	308,1	82,12	12	99,28
100	41,81	33,47	33,57	31,79	306,9	81,28	2	100,00

Percobaan pertama menggunakan bahan 1 kg dari limbah ban luar sepeda motor yang dipotong dengan ukuran sekitar 15 x 5 cm. Pembakaran dilakukan dengan menggunakan kompor gas yang telah disesuaikan suhunya antara 300-350 °C. Minyak mulai menetes pada menit ke 14 dan terus meningkat sampai menit ke 30, kemudian produksi minyak dari menit 40 - 100 lambat laun menurun. Pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat dan hanya menghasilkan 2 ml. Total minyak yang didapat selama percobaan pirolisis pada sudut kondensor 0° adalah sebesar 277 ml. Setelah kondensor dibuka ternyata ada minyak yang mengendap di dalamnya sebanyak 35 ml sehingga total produksi minyak menjadi 312 ml.

#### 4.2.2 Percobaan 2, sudut 15° dengan debit air 12 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut kondensor 15° dengan debit air pendingin 12 LPM menghasilkan minyak sebanyak 334 ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data hasil percobaan pada sudut 15°

Debit 12 LPM, sudut 15°, Gas yang terpakai 1.38 kg							Minyak /10 menit (ml)	akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	q (Watt)		
0	28,84	28,20	28,11	28,71	32,9	0,00	0	0,00
10	58,22	29,42	29,62	30,35	164,7	174,28	0	0,00
20	113,52	30,84	31,35	30,76	237,3	425,26	87	26,05
30	121,22	30,73	31,35	31,69	270,2	510,11	91	53,29
40	89,82	31,65	32,05	31,59	309,8	338,96	63	72,16
50	67,23	32,05	32,36	31,69	317,5	253,48	41	84,43
60	52,04	32,56	32,76	31,38	324,8	167,80	22	91,02
70	44,85	33,37	33,47	30,76	322,6	81,49	15	95,51
80	43,02	33,78	33,88	31,18	314,1	80,66	8	97,90
90	41,61	34,29	34,38	31,18	310,6	79,61	5	99,40
100	41,50	34,29	34,38	31,07	307,8	79,61	2	100,00

Percobaan kedua pada pirolisis limbah ban luar sepeda motor dengan variasi sudut kondensor dengan kemiringan  $15^\circ$  dan debit air pendingin sebesar 12 LPM. Suhu pembakaran dijaga pada  $300 - 350^\circ\text{C}$ . Minyak mulai menetes pada menit ke 12 dan terus naik sampai menit ke 30. Dimenit selanjutnya hasil produksi minyak limbah ban luar sepeda motor mengalami penurunan dan pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat hanya menghasilkan minyak sebesar 2 ml. Total minyak keseluruhan yang didapat adalah sebesar 334 ml. Variasi sudut kondensor sebesar ini Tidak menyisakan minyak didalam kondensor, minyak mengalir lancar ke penampung karena posisi kondensor dimiringkan  $15^\circ$ .

#### 4.2.3 Percobaan 3, sudut $30^\circ$ dengan debit air 12 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut kondensor  $30^\circ$  dengan debit air pendingin 12 LPM menghasilkan minyak sebanyak 341 ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil percobaan pada sudut  $30^\circ$

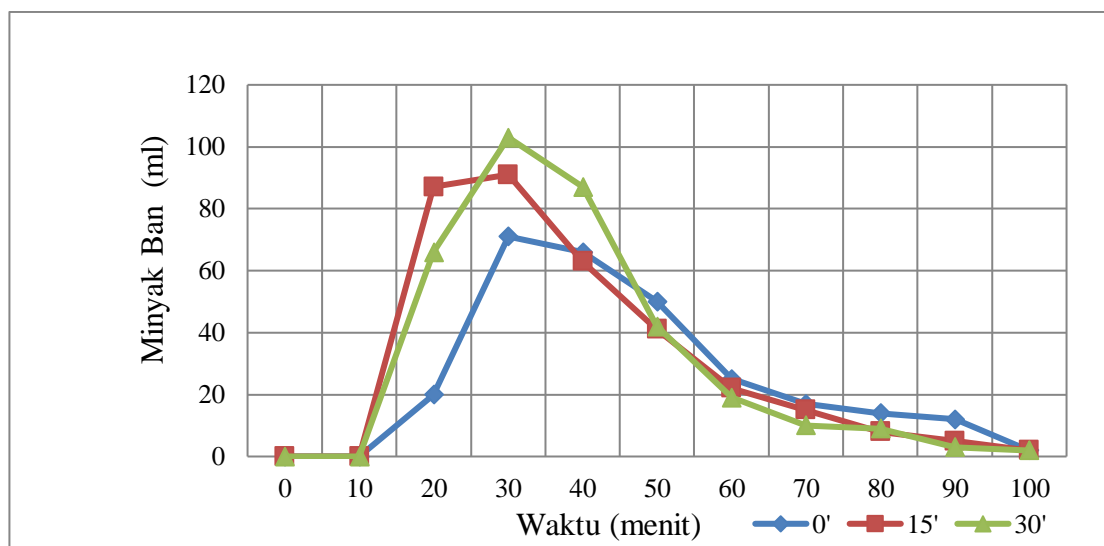
Debit 12 LPM, sudut $30^\circ$ , Gas yang terpakai 1.58 kg							Minyak /10 menit (ml)	akumulasi minyak (%)
waktu (menit)	T1 ( $^\circ\text{C}$ )	T2 ( $^\circ\text{C}$ )	T3 ( $^\circ\text{C}$ )	T4 ( $^\circ\text{C}$ )	T5 ( $^\circ\text{C}$ )	q (Watt)		
0	29,05	29,31	29,22	29,94	34,6	0,00	0	0,00
10	58,22	29,92	30,13	30,87	180,7	173,24	0	0,00
20	151,71	31,14	31,85	30,87	287,6	593,91	66	19,35
30	173,49	32,36	33,17	31,48	304,1	676,04	103	49,56
40	117,27	33,37	33,98	30,76	312,5	504,68	87	75,07
50	85,57	33,98	34,48	30,76	315,8	418,79	42	87,39
60	82,83	33,98	34,38	30,76	319,2	334,15	19	92,96
70	80,00	33,68	33,98	30,66	321,9	250,14	10	95,89
80	73,82	33,78	34,08	30,25	317,3	249,93	9	98,53
90	42,92	33,78	33,88	30,56	308,8	80,66	3	99,41
100	42,42	33,88	33,98	30,46	303,2	80,45	2	100,00

Pada percobaan ketiga pirolisis limbah ban luar sepeda motor dengan variasi sudut kondensor sebesar  $30^\circ$  dengan debit air pendingin sebesar 12 LPM dan Suhu pembakaran dijaga pada  $300-350^\circ\text{C}$ . Minyak mulai menetes pada menit ke 14 dan terus naik sampai menit ke 30. Dimenit selanjutnya minyak mengalami penurunan dan pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat dan hanya menghasilkan minyak sebesar 2 ml. Total minyak yang didapat adalah sebesar 341 ml. 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.

Dari ketiga data hasil percobaan di atas akan ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan korelasi/hubungan dengan waktu, minyak yang dihasilkan dan perpindahan kalor yang terjadi.

#### 4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Produksi Minyak

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama waktu pengujian dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara lama waktu pirolisis dengan banyaknya minyak yang didapat dari pengujian limbah ban luar sepeda motor dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik korelasi waktu dengan hasil produksi minyak.

Grafik diatas merupakan hasil dari data yang telah terkalibrasi. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar untuk sudut  $0^\circ$  dengan debit 12

LPM dan jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada waktu antara menit 20 sampai 30 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 71 ml. Kenaikan pada minyak yang paling signifikan yaitu setelah menit 20 sampai menit 30. Pada menit awal antara 0-10 minyak tidak keluar. Hal ini disebabkan oleh kemiringan kondensor yang dipakai yaitu  $0^\circ$ . Pada kemiringan ini asap yang telah terkondensasi menjadi minyak masih terperangkap/mengendap di dalam kondensor. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit ke 30 yang menjadi titik puncak pirolisis. Pada menit ke 40 produksi minyak mengalami penurunan dari 71 ml ke 50 ml dan terus menurun dengan stabil dimenit-menit selanjutnya. Limbah ban yang dibakar didalam reaktor sebagian besar sudah menjadi abu, hal ini ditandai dengan penurunan jumlah produksi asap cair / minyak limbah ban yang didapat. Semakin lama produksi minyak yang dihasilkan semakin menurun bersamaan dengan habisnya ban yang ada didalam reaktor pembakaran. Pada menit ke 100 minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis sangatlah sedikit yaitu 2 ml. Hal tersebut menandai bahwa ban yang dibakar didalam reaktor sudah berubah menjadi abu.

Analisa juga dilakukan pada sudut kondensor dengan kemiringan  $15^\circ$  dan debit air pendingin sebesar 12 LPM. Minyak hasil produksi pirolisis terbanyak diperoleh dari menit ke 20 sampai 30 yang menghasilkan minyak sebanyak 91 ml. Kenaikan volume minyak yang signifikan terjadi setelah menit ke-10 sampai dengan menit yang ke 20 dengan hasil minyak yang diperoleh sebanyak 87 ml. Kemudian di menit 40 minyak mengalami penurunan dari 91 ml ke 63 ml dan terus menurun dengan stabil di menit-menit selanjutnya. Pada percobaan dengan menggunakan sudut kondensor sebesar  $15^\circ$  puncak produksi minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis terjadi pada menit ke 30 dengan volume minyak yang dihasilkan sebanyak 91 ml, setelah itu produksi minyak menurun dengan stabil hingga menit 100 yang hanya menghasilkan minyak sebanyak 2 ml. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ban yang berada di dalam reaktor sudah menjadi abu, sehingga minyak yg dihasilkan sangatlah sedikit.

Selanjutnya analisa dilakukan pada percobaan dengan kemiringan sudut kondensor sebesar  $30^\circ$  dan debit air pendingin 12 LPM. Pada menit ke-10 sampai menit 20 volume minyak yang dihasilkan mengalami kenaikan yang signifikan

yaitu 66 ml. Minyak hasil pirolisis terbanyak didapat pada waktu antara menit ke 20 sampai 30 yaitu sebesar 103 ml. Kemudian minyak mengalami penurunan pada menit yang ke 40 dari 103 ml ke 87 ml dan terus menurun di menit – menit selanjutnya. Sampai menit ke 100 produksi minyak yang dihasilkan hanya 1 ml. Hal tersebut dikarenakan limbah ban luar yang berada didalam reaktor telah berubah menjadi abu sehingga berpengaruh pada produksi minyak yg dihasilkan semakin kecil. Sudut kemiringan kondensor sangat berpengaruh terhadap produksi minyak yang dihasilkan. Percobaan yang dilakukan dengan sudut  $30^\circ$  menghasilkan minyak yang konstan dan banyak pada menit 30 dan 40, hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi di dalam kondensor langsung mengalir keluar karena tingkat kemiringan kondensor yang semakin tinggi.

Dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa hasil produksi minyak yang lebih optimal di dapat pada sudut kondensor dengan kemiringan  $30^\circ$ . Laju perpindahan panas berbanding lurus dengan hasil produksi minyak limbah ban. Sistem pendingin yang optimal akan menghasilkan gas yang terkondensasi lebih banyak. Semakin besar nilai laju perpindahan panas yg dihasilkan maka hasil produksi minyak akan semakin banyak sebaliknya, semakin kecil nilai perpindahan panas yang dihasilkan maka minyak yang dihasilkan semakin sedikit. Kemiringan sudut pada kondensor yang tinggi membuat laju aliran asap semakin cepat. Hal ini menunjukkan bahwa bahan yang dipanaskan didalam reaktor yang bertemperatur tinggi akan mengalami perbedaan tekanan sehingga masa jenisnya relatif lebih kecil dibanding udara sekitar dan asap akan bergerak ke atas. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada total minyak yang didapat dari hasil pirolisis limbah ban luar sepeda motor yaitu pada sudut  $0^\circ$  menghasilkan minyak sebanyak 312 ml, sudut  $15^\circ$  menghasilkan minyak sebanyak 334 ml, dan sudut  $30^\circ$  menghasilkan minyak sebanyak 341 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 dengan laju aliran air sebagai pendingin searah dengan laju aliran uap (*parallel flow*).

Rumus untuk laju perpindahan panas aliran *parallel flow*:

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

Keterangan :

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)

T<sub>2</sub> = Suhu masuk fluida pendingin (°C)

T<sub>3</sub> = Suhu keluar fluida pendingin (°C)

Contoh :

Percobaan 3, menit 30. Diketahui : m = 0,2 kg/s

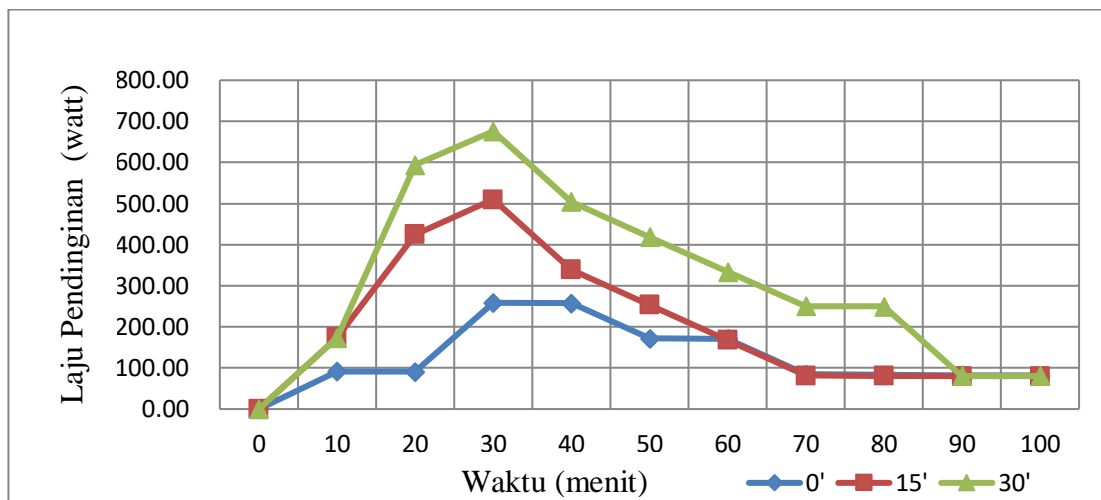
c = 4180 J/Kg°C

T<sub>2</sub> = 32.36 °C

T<sub>3</sub> = 33.17 °C

$$\begin{aligned} q &= m.c (T_3-T_2) \\ &= 0,2 \text{ kg/s} \cdot 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot (33.17-32.36) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 676.04 \text{ Watt} \end{aligned}$$

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 menggunakan teori rumus yang sudah ada seperti contoh di atas, maka didapat grafik seperti pada Gambar 4.2. Dari gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa titik puncak nilai laju perpindahan panas yang tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $30^\circ$  yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalornya yaitu sebesar 676,04 Watt dimenit ke 30. Sedangkan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $15^\circ$  titik perpindahan kalor tertinggi yaitu sebesar 510,11 Watt dan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $0^\circ$  titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 258,50 Watt. Pada grafik dapat dibandingkan bahwa nilai laju perpindahan kalor yang tertinggi atau yang lebih optimal terjadi pada sudut dengan kemiringan kondensor  $30^\circ$  dan laju perpindahan panas yang terendah terjadi pada sudut kemiringan kondensor  $0^\circ$ . Nilai rata-rata perpindahan kalor yang dihasilkan pada sudut kondensor  $30^\circ$ , sebesar 305,63 Watt, sudut  $15^\circ$  sebesar 199,21 Watt, dan sudut  $0^\circ$  sebesar 124,72 Watt

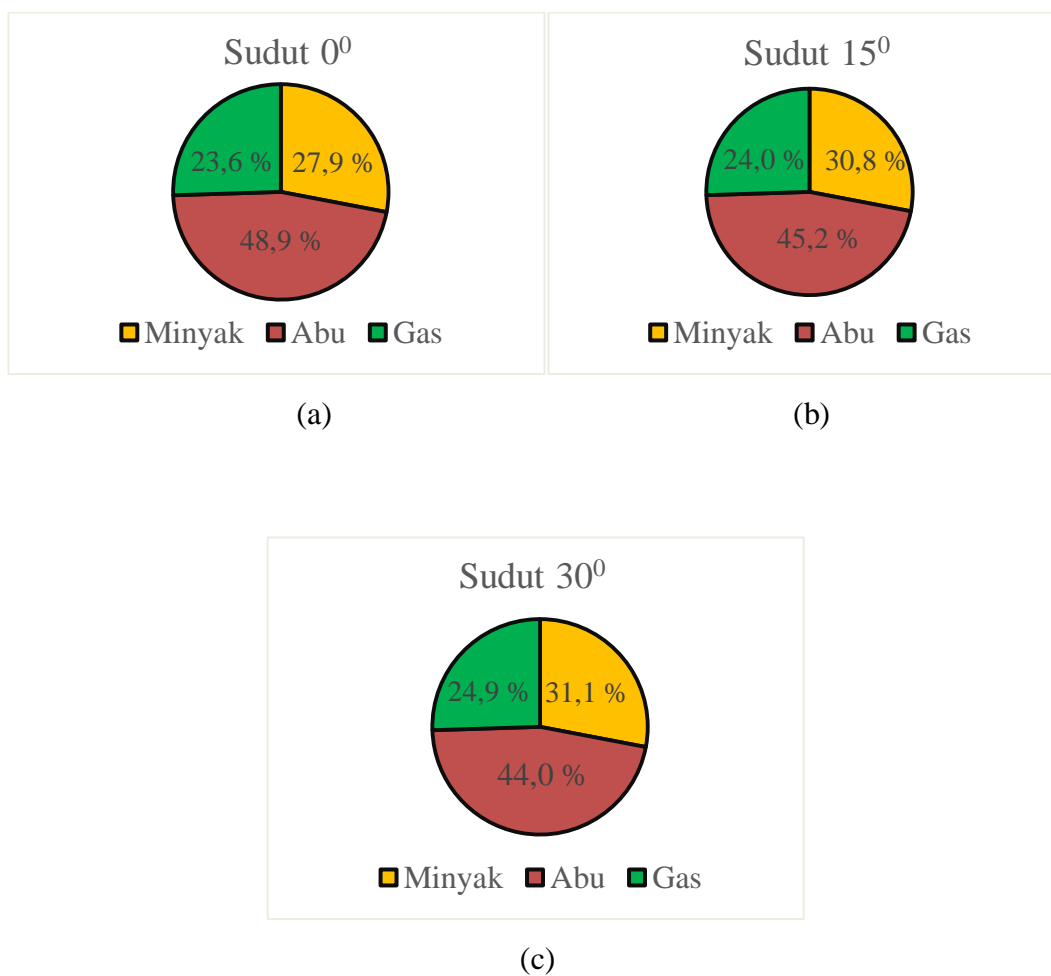
Hal ini dapat dianalisa bahwa laju perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan aliran fluida gas, suhu masuk fluida gas kedalam kondensor dan suhu lingkungan. Kecepatan aliran fluida gas di dalam kondensor akan menentukan proses perpindahan panas secara konveksi, pada sudut kondensor  $30^\circ$  aliran fluida akan semakin cepat dikarenakan posisi kemiringan kondensor yang semakin tinggi sehingga asap yang telah



terkondensasi akan langsung turun mengalir ke tempat penampungan minyak sementara dan proses perpindahan panas menjadi lebih optimal karena tidak ada penghambatan dipipa tembaga dalam kondensor. Beda halnya dengan sudut kondensor  $0^\circ$ , posisi kondensor netral (datar) sehingga kecepatan aliran fluida akan sedikit terhambat dikarenakan di dalam kondensor terdapat minyak yg mengendap yang dihasilkan dari proses pengkondensasian sehingga pipa tembaga yang ada dalam kondensor tidak dapat menghantarkan panas dengan baik dikarenakan terhalang oleh endapan minyak dan proses perpindahan panas menjadi kurang optimal. Pengaruh selanjutnya adalah suhu masuk fluida gas kedalam kondensor berbanding lurus dengan nilai laju perpindahan panas jika semakin tinggi nilai suhu masuk fluida gas maka nilai laju perpindahan panas juga semakin tinggi. Pengaruhnya disebabkan oleh proses pemanasan bahan yang terjadi didalam reaktor berjalan dengan optimal karena bila bahan dipanaskan zat yang ada di dalam bahan akan hilang sehingga penyalaanya pun akan semakin mudah dan akan mempercepat proses pemanasan. Suhu lingkungan sekitar juga dapat berpengaruh pada suhu kerja di dalam kondensor yaitu ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari suhu fluida kondensor dikarenakan suhu pendingin yang terpengaruh suhu lingkungan akan berkurang keefektifannya di dalam memberikan pendingin pada pipa tembaga yang ada dalam kondensor.

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

Data yang diambil adalah dengan cara mengukur total hasil minyak yang berhasil diproduksi dan abu sisa dari pembakaran. Untuk korelasi minyak dan abu dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram persentase minyak dan abu dari setiap percobaan  
(a) Sudut 0°, (b) Sudut 15°, dan (c) Sudut 30°

Pada Gambar 4.3 persentase yang diperoleh pada diagram yaitu dengan cara menimbang jumlah masa yang terdapat pada minyak dan juga abu yang didapat pada setiap percobaan dengan bahan limbah ban luar sepeda motor sebanyak 1 kg. Dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat hasil abu lebih banyak dibandingkan dengan hasil minyak hal ini dapat dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat pada limbah ban luar sepeda motor memiliki kandungan karbon yang tinggi dan hidrogen yang lebih rendah sehingga terjadi kekurangan hidrogen pada saat pembentukan senyawa hidrokarbon dan hasil yang didapat lebih banyak dalam bentuk abu (residu) dibandingkan dengan minyak.

Dari ketiga pengujian di atas dapat disimpulkan, jika hasil minyak yang diproduksi semakin banyak, maka abu sisa pembakaran yang didapat akan semakin sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pada alat pirolisis yang digunakan berjalan dengan baik sehingga asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan tidak terbuang begitu saja ke lingkungan. Pada Gambar 4.3 korelasi yang terjadi pada sudut  $0^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan sebanyak 27,9 % dari 1 kg ban bekas yang dibakar dan menyisakan abu sebanyak 48,5 %. Beda halnya pada percobaan dengan sudut  $15^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan sebanyak 30,8 % dengan sisa abu yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 45,2 % dari 1 kg ban luar yang dibakar dan pada percobaan dengan sudut  $30^\circ$  produksi minyak yang dihasilkan sebanyak 31,1 % dengan sisa abu yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan percobaan pada sudut  $0^\circ$  dan  $15^\circ$  yaitu 44,0 % dari 1 kg ban bekas yang dibakar. Melihat dari data yang telah didapatkan dari ketiga percobaan yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa percobaan pirolisis dengan debit pendinginan 12 LPM menggunakan variasi sudut kemiringan kondensor hasil yang optimal pada sudut kondensor  $30^\circ$ .

#### **4.6 Karakteristik Hasil Minyak**

Setelah melakukan penelitian minyak dari hasil pirolisis ban luar sepeda motor, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan penelitian terhadap minyak yang telah diproduksi dan diperoleh dari hasil pirolisis. Adapun beberapa sifat karakteristik minyak yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Karakteristik minyak ban hasil pirolisis

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas (gr/ml)	0,901
2	Viskositas (mPa.s)	5,07-5,57
3	Nilai Kalor (Cal/gr)	10032,41
4	Flash Point (°C)	58-60

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh para peneliti, maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis limbah ban. Dapat dilihat pada table 4.5 perbedaan karakteristik minyak hasil penelitian para peneliti terdahulu.

Tabel 4.5. Karakteristik minyak ban para peneliti terdahulu

No.	Densitas (gr/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/gr)	Flash Point (°C)	Peneliti
1	0,901	5,07-5,57	10032,41	58-60	Hasil penelitian
2	0,898	5,07-5,57	10007,29	55-58	Hasil penelitian Widodo (2017)
3	0,81-0,86	1,31-1,92	8467,09	-	Syamsiro dkk (2016)
4	0,79	33	-	30	Hasyim (2017)
5	0,73	28	-	31	Wiga (2017)
6	0,71	29	-	29	Mukharomah (2017)
7	0,85	1,51	10199,90	34	Nabi dkk (2014)
8	0,97	5	10098,41	30	Hossain dkk (2017)

Tabel 4.5. menunjukkan bahwa karakteristik minyak hasil percobaan untuk nilai kalor yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan penelitian yang lain dengan nilai kalor rata-rata 10000 Cal/gr. Untuk nilai *flash point* yang diperoleh jauh lebih tinggi dari penelitian yang lain yaitu sebesar 60 °C dan nilai densitas tidak jauh berbeda dengan penelitian yang lain yaitu sebesar 0,901 gr/ml.

Minyak hasil dari proses pirolisis limbah ban bisa dijadikan sumber bahan bakar alternatif dengan adanya pengembangan terhadap hasil dari minyak yang diproduksi. Atas dasar hal tersebut maka karakteristik minyak ban dapat dibandingkan dengan beberapa bahan bakar yang sudah ada dipasaran, seperti halnya premium, solar, dan minyak tanah. Hasil perbandingan karakteristik minyak hasil pirolisis ban bekas dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Perbandingan karakteristik minyak ban dengan bahan bakar lain

No.	Jenis Bahan Bakar	Karakteristik				Sumber
		Densitas (gr/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/gr)	Flash Point (°C)	
1	Minyak Ban	0,901	5,07-5,57	10032,41	58-60	Hasil Penelitian
2	Minyak Plastik	0,80	3-3,2	10727,6	32,2	Andriyanto, (2017)
3	Solar	0,81-0,87	2-5,0	10700,30	60	Rahman, (2017)
4	Pertamina Dex	0,820-0,860	2,0-4,5	-	55	Syamsiro dkk, (2014)
5	Premium	0,7	0,7	11245	43	Andriyanto (2017)
6	Minyak tanah	0,9	1,4	10939,1	60,2	Andriyanto (2017)

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa karakteristik minyak yang berasal dari pirolisis limbah ban mendekati angka atau tidak berbeda jauh dengan BBM yang ada di pasaran khususnya BBM jenis solar. Dengan demikian limbah ban yang tidak bisa diolah kembali menjadi bahan produk yang bernilai ekonomis dan tidak

hanya dibiarkan begitu saja yang berdampak mencemari lingkungan jika diolah lebih lanjut dengan benar dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat didaur ulang pengganti BBM konvensional yang semakin lama semakin menipis ketersediaannya.

#### 4.7 Perbandingan Hasil Minyak Yang Diperoleh dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah perbandingan minyak hasil pirolisis yang telah diperoleh dengan hasil minyak yang diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mencakup bahan, suhu, waktu, dan hasil. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan hasil minyak dengan hasil minyak penelitian lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30° Debit air pendingin 12 LPM	1 kg limbah ban luar setiap pengujian dengan ukuran 15 × 5 cm	300 – 350 °C	100 menit	312 ml 334 ml 341 ml
Widodo (2017) Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30° Debit air pendingin 6 LPM	1 kg limbah ban luar setiap pengujian dengan ukuran 12 × 5 cm	300 – 350 °C	100 menit	329 ml 352 ml 374 ml
Syamsiro dkk, (2016)	500 gram ban dalam 500 gram ban luar	350 °C	-	54.6 ml (10,92 %) 68 ml (13,6 %)
Hasyim, (2017)	Ban dalam 2,5 kg + 2,5 kg serabut kelapa sawit	250°C 300°C 350°C 400°C 450°C	60 menit	120 ml 150 ml 175 ml 190 ml 220 ml
Mukharomah, (2017)	Ban dalam murni Ban dalam + katalis zeolit	250°C 300°C 350°C	60 menit	(160, 175, dan 190) ml (150, 160, dan 165) ml

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan limbah ban seberat 1 kg dengan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, menghasilkan minyak yang lebih banyak dari penelitian terdahulu. Hal ini karena pengaruh dari lamanya waktu percobaan. Untuk penelitian serupa dengan perbedaan debit air pendingin dan ukuran dimensi bahan baku dapat mempengaruhi pada hasil produksi minyak sehingga produksi minyak yang dihasilkan sedikit berbeda.

Dari percobaan yang telah dilakukan, untuk mempirolisis 1 buah limbah ban sepeda motor ukuran besar dengan ukuran limbah ban luar 200/90 dapat menghasilkan minyak sebanyak ± 1400 ml dengan berat 1 buah ban yaitu 4 kg. Hasil ini didapat dengan melakukan perhitungan sebagai berikut.

Rumus untuk menghitung produksi minyak 1 buah ban :

$$p.\text{minyak} = m \times \Delta \text{minyak} \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan : p.minyak = ml

m = massa 1 buah limbah ban (kg), 1 buah ban = 4 kg

$\Delta$  minyak = Rata-rata jumlah total minyak percobaan (ml)  
(312 ml + 334 ml + 341 ml) = 329 ml

Perhitungan untuk mencari produksi hasil minyak 1 buah ban:

$$\begin{aligned} p.\text{minyak} &= m \times \Delta \text{Minyak} \\ &= 4 \times 329 \\ &= 1316 \text{ ml} \Rightarrow 1,3 \text{ liter} \end{aligned}$$

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 ban hasil pirolisis sebesar = 10032,41 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°

Deketahui : mM = 279 gram

mG = 1330 gram

ncM = 10032,41 Cal/g

ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{280 \times 10032,41}{1330 \times 11666,67} = 0,181 \times 100 \% \\ = 18,1 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 15°

Diketahui : mM = 308 gram

mG = 1380 gram

ncM = 10032,41 Cal/g

ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{308 \times 10032,41}{1380 \times 11666,67} = 0,191 \times 100 \% \\ = 19.1 \%$$



Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 30°

Diketahui :  $mM = 311$  gram

$mG = 1580$  gram

$ncM = 10032,41$  Cal/g

$ncG = 11666,67$  Cal/g

$$\eta = \frac{311 \times 10032,41}{1580 \times 11666,67} = 0,169 \times 100 \% \\ = 16,9 \%$$