

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Pada penelitian ini variasi sudut kondensor yang digunakan yaitu : 0°, 15°, dan 30°. Aliran air pendingin di dalam kondensor menggunakan laju aliran air berlawanan dengan laju uap (*counter flow*) dengan debit 6 LPM serta bahan baku yang diuji adalah limbah ban seberat 1 kg setiap kali percobaan. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis ban.

### 4.2 Data Terkalibrasi

#### 4.2.1 Percobaan 1, sudut 0° dengan debit 6 LPM

Pengujian pada sudut 0° dengan debit air pendingin 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* menghasilkan minyak sebanyak 374 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,67 kg. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan pada sudut 0°

Waktu (menit)	Debit 6 LPM, sudut 0°				T reaktor rata- rata	Q (Watt)	Minyak /10 menit	Konsumsi gas/10 menit (Kg)
	T1	T2	T3	T4				
0	31,07	30,94	30,23	30,56	34,05	295,29	0	0
10	47,38	34,39	33,57	40,42	140,01	341,16	0	0,15
20	117,07	39,62	38,43	41,75	282,85	494,66	15	0,16
30	126,18	41,39	38,84	43,91	293,72	1067,79	50	0,17
40	125,27	42,76	39,95	45,04	308,98	1174,99	75	0,17
50	115,75	44,13	41,17	46,89	320,15	1239,88	90	0,18
60	106,63	42,71	41,11	46,58	324,56	667,12	75	0,18
70	96,61	40,38	38,74	47,81	325,23	685,88	40	0,18
80	92,96	38,35	36,91	47,61	322,53	599,15	16	0,17
90	88,60	36,82	35,50	46,38	317,00	555,26	8	0,16
100	80,81	35,50	34,79	46,89	307,27	299,99	5	0,15
Jumlah							374	1,67

Pada percobaan pertama limbah ban luar bekas pada pembakaran dengan suhu yang dipakai disesuaikan antara 300 °C-350°C dengan pemanas yang berasal dari kompor gas. Pada menit ke 15 minyak mulai menetes dan terus meningkat sampai dengan menit ke 60 dan menit selanjutnya produksi minyak menurun. Pada menit ke 61 dan ke menit selanjutnya tetesan minyak mulai berkurang dan hanya menghasilkan minyak 5 ml pada menit ke 100. Total produksi minyak yang dihasilkan yaitu sebesar 374 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,67 kg.

Tabel 4.2. Data hasil percobaan pada sudut 0° (Widodo, 2017)

Debit 6 LPM, Sudut 0°, Gas yang Terpakai 1,42 kg								
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)	Minyak/10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
0	29,45	30,23	30,33	31,28	32,1	0,00	0	0,00
10	55,89	30,63	30,84	31,48	167,5	85,89	0	0,00
20	63,18	30,84	31,14	31,18	224,3	128,00	13	4,58
30	66,62	31,04	31,35	31,38	288,8	127,79	23	12,68
40	77,26	31,34	31,75	31,59	302,4	169,79	49	29,93
50	77,77	31,54	32,05	31,89	313,2	211,90	70	54,58
60	68,35	31,75	32,36	31,89	319,5	254,01	88	85,56
70	52,85	32,16	32,56	32,92	323,3	168,96	25	94,37
80	50,52	32,26	32,66	31,79	320,1	168,85	8	97,18
90	48,19	32,16	32,46	31,59	316,4	126,64	6	99,30
100	45,76	32,35	32,56	31,38	313,2	84,11	2	100,00

Jika dibandingkan dengan pengujian (Widodo, 2017). Pengujian Widodo (2017) dengan debit 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 0° minyak yang dihasilkan yaitu 284 ml.

#### 4.2.2 Percobaan 2, sudut 15° dengan debit 6 LPM

Pengujian pada sudut 15° dengan debit air pendingin 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* menghasilkan minyak sebanyak 382 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,7 kg.

Tabel 4.3. Data hasil percobaan pada sudut 15°

Debit 6 LPM, sudut 15°					T Reaktor rata- rata	Q (Watt)	Minyak /10 menit	Konsumsi gas /10 menit (KG)
Waktu (menit)	T1	T2	T3	T4				
0	30,97	29,92	29,42	31,48	33,81	209,61	0	0
10	41,50	38,19	37,17	34,98	154,45	429,72	0	0,16
20	52,44	40,93	38,63	44,12	205,14	961,52	25	0,17
30	126,59	42,30	39,44	45,14	301,19	1195,68	55	0,17
40	128,92	45,96	42,53	46,68	321,75	1432,19	95	0,18
50	132,87	44,94	42,28	48,22	335,25	1113,76	85	0,18
60	119,60	46,82	44,46	49,05	338,83	988,74	65	0,18
70	107,24	42,41	40,46	49,25	331,23	814,92	25	0,17
80	96,91	40,78	39,55	39,91	332,16	517,02	15	0,17
90	87,69	39,36	38,18	40,83	330,99	494,40	10	0,16
100	78,98	38,65	37,52	40,83	329,72	472,51	7	0,16
Total							382	1,7

Pada Percobaan kedua minyak pirolisis mulai menetes pada menit ke 15 sampai menit ke 100 dan total minyak yang dihasilkan yaitu sebanyak 382 ml serta gas yang terpakai yaitu 1,7 kg. Pada sudut kondensor dimiringkan 15° tetesan minyak mengalir cukup lancar pada puncak pirolisis yaitu menit ke 30 sampai ke menit ke 60. Pada menit ke 20-30 minyak mengalir sebanyak 55 ml, sepuluh menit berikutnya yaitu menit ke 30-40 mencapai hasil minyak terbanyak yaitu 95 ml. Pada menit ke 40-50 minyak yang dihasilkan yaitu 85 ml, dan pada menit ke 50-60 hasil minyak mencapai 65 ml. Pada menit ke 70 sampai menit ke 100 jumlah minyak yang dihasilkan 57 ml. Hal ini dikarenakan limbah ban telah terpirolisis maksimal pada menit ke 30 sampai menit ke 60, dan pada menit selanjutnya limbah ban sudah berkurang kandungannya sampai menjadi abu atau arang pada menit ke 100.

Tabel 4.4. Data hasil percobaan pada sudut 15° (Widodo, 2017)

Debit 6 LPM, Sudut 15°, Gas yang Terpakai 1,445 kg								
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)	Minyak/ 10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
0	28,95	26,37	26,28	28,40	34,3	0,00	0	0
10	52,14	27,79	28,00	30,05	170,2	88,81	0	0
20	111,09	29,01	29,32	31,18	234,6	129,88	45	12,78
30	163,05	30,13	30,74	32,31	287,3	255,68	68	32,10
40	167,10	31,45	32,16	31,79	312,4	296,64	83	55,68
50	129,83	31,85	32,36	32,10	320,2	211,59	60	72,73
60	110,89	32,36	32,76	32,31	308,7	168,75	41	84,38
70	85,97	32,97	33,27	32,51	304,1	125,80	25	91,48
80	59,64	33,17	33,37	32,82	314,0	83,27	16	96,02
90	52,44	33,48	33,57	32,82	312,6	40,64	8	98,30
100	50,01	33,98	34,08	33,02	311,2	40,12	6	100,00

Jika dibandingkan dengan dengan pengujian (Widodo, 2017). Pengujian Widodo (2017) dengan debit 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 15° menghasilkan total minyak sebanyak 352 ml.

#### 4.2.3 Percobaan 3, sudut 30° dengan debit 6 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut 30° dengan debit air pendingin 6 LPM menghasilkan minyak sebanyak 404 ml dan gas yang terpakia yaitu 1,72 kg. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Data hasil percobaan pada sudut 30°

Debit 6 LPM, sudut 30°					T Reaktor rata-rata	Q (Watt)	Minyak /10 menit	Konsumsi gas/10 menit (Kg)
Waktu (menit)	T1	T2	T3	T4				
0	34,82	31,34	30,33	30,15	36,44	422,66	0	0
10	46,37	35,40	34,23	34,98	205,55	490,32	0	0,15
20	81,92	39,67	37,93	36,93	259,54	727,46	20	0,17
30	159,20	42,10	39,90	36,93	306,27	920,40	45	0,18
40	187,87	46,16	42,99	37,54	330,36	1326,61	85	0,19
50	186,35	47,18	43,39	38,06	343,13	1581,56	100	0,18
60	147,96	43,62	41,72	38,16	345,26	795,02	80	0,19
70	129,12	42,41	40,61	36,72	344,00	751,44	30	0,17
80	120,61	41,09	39,44	37,34	320,45	686,61	20	0,17
90	105,12	39,56	38,08	37,03	341,64	621,56	15	0,17
100	103,09	37,38	36,36	36,52	334,54	428,88	9	0,15
Jumlah							404	1,72

Pada percobaan pirolisis limbah ban luar ketiga dihasilkan minyak sebanyak 404 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,72 kg. Pada percobaan ketiga ini tetesan minyak pirolisis langsung mengalir lancar pada menit ke 15 dikarenakan kemiringan sudut kondensor sebesar 30°. Pada percobaan ketiga ini juga menghasilkan produksi minyak yang paling banyak daripada percobaan sebelumnya karena aliran gas yang terkondensai menjadi cair mengalami situasi yang lebih baik pada sudut kondensor 30°.

Tabel 4.6 Data hasil percobaan pada sudut 30° (Widodo, 2017)

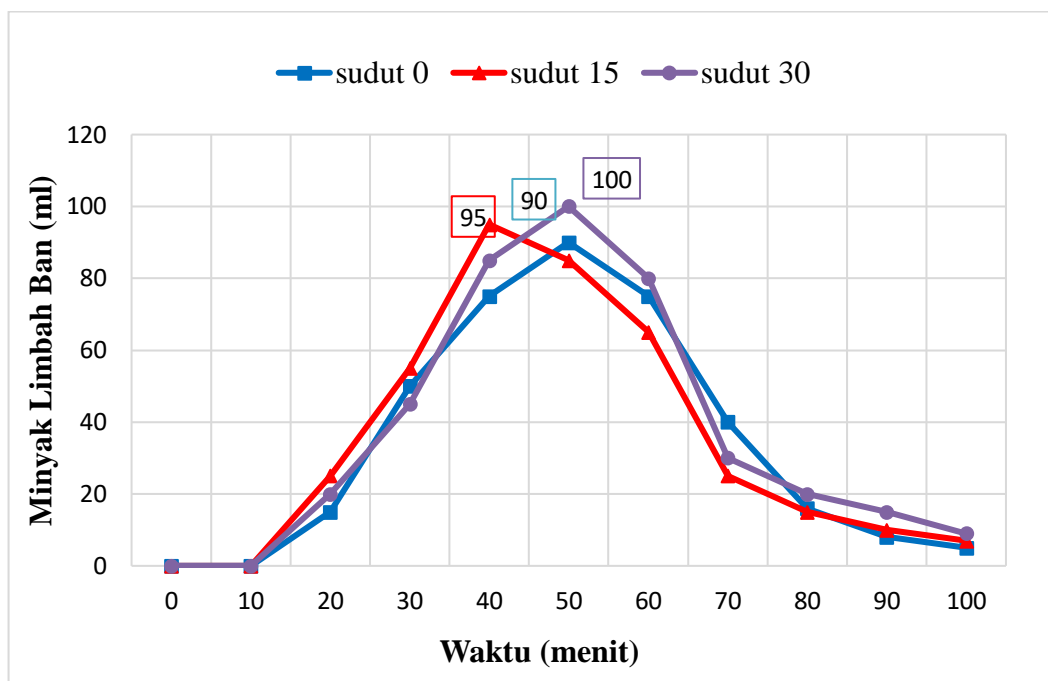
Debit 6 LPM, Sudut 30°, Gas yang Terpakai 1,470 kg								
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (Watt)	Minyak/ 10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
0	29,15	28,91	28,71	27,89	36,4	0,00	0	0
10	69,26	29,11	29,42	27,48	218,0	129,77	0	0
20	196,38	30,02	30,74	27,48	285,7	298,11	120	32,09
30	175,82	30,84	31,65	29,12	307,2	339,59	128	66,31
40	151,30	31,24	31,85	29,53	310,7	254,53	60	82,35
50	123,85	31,65	32,16	29,22	313,4	211,80	30	90,37
60	93,77	32,05	32,56	29,43	317,1	211,38	16	94,65
70	91,54	32,26	32,46	29,53	314,3	84,21	9	97,06
80	81,62	32,56	32,76	29,94	307,2	83,90	7	98,93
90	57,10	32,66	32,76	29,74	304,8	41,48	3	99,73
100	41,30	32,76	32,86	27,58	300,4	41,37	1	100,00

Jika dibandingkan dengan pengujian (Widodo, 2017). Pengujian Widodo (2017) dengan debit 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa pengisolasian reaktor. Sudut 30° menghasilkan total minyak sebanyak 374 ml.

Maka dapat disimpulkan bahwa perbandingan perbandingan pada sudut 0°, 15°, dan 30° diatas, konfigurasi *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor dapat meningkatkan hasil minyak dibandingkan dengan konfigurasi *parallel flow* tanpa pengisolasian reaktor.

### 4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Produksi Minyak

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat adanya hubungan antara lama waktu percobaan dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara waktu dengan hasil minyak yang didapatkan dari percobaan pirolisis limbah ban luar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Korelasi waktu dengan hasil produksi minyak

Grafik tersebut didapat dari hasil data yang sudah terkalibrasi. Dari Gambar 4.1 menunjukkan bahwa grafik hasil produksi minyak tertinggi menggunakan debit air pendingin sebesar 6 LPM menggunakan jenis aliran *counter flow*. Pada percobaan sudut kondensator  $0^\circ$  puncak produksi minyak terjadi pada menit ke 50 dengan produksi minyak pirolisis naik secara signifikan dari menit ke 20 tetesan minyak sebanyak 15 ml, kemudian meningkat menjadi 50 ml pada menit ke 30 lalu sepuluh menit selanjutnya yaitu pada menit ke 40 minyak mengalir sebanyak 70 ml. Pada menit ke 50 dengan puncak produksi minyak sebanyak 90 ml kemudian perlahan menurun sampai menit ke 100 dengan total produksi minyak yang tertampung yaitu 374 ml. Pengujian selama 100 menit dengan tekanan buka gas yang sama dengan bahan uji limbah ban luar bekas sebanyak 100 kg.

Percobaan yang kedua dengan sudut kemiringan kondensator  $15^\circ$  menunjukkan grafik dengan kenaikan yang signifikan. Pada percobaan tersebut menggunakan jenis aliran *counter flow* dengan dilakukan pengisolasian pada reaktor. Peningkatan produksi minyak dimulai pada menit ke 20 dengan volume

25 ml sampai dengan puncak produksi minyak pada menit ke 40 dengan produksi minyak sebanyak 95 ml. Setelah menit ke 40 produksi minyak masih tinggi yaitu sebesar 85 ml dan 65 ml pada pada menit ke 50 dan menit ke 60. Tetapi pada menit selanjutnya produksi minyak sudah cenderung menurun hingga menit ke 100 yang hanya menghasilkan minyak 7 ml. Jumlah total produksi minyak pada percobaan kedua yaitu sebanyak 382 ml. Dengan sedikitnya produksi minyak pada menit ke 100 itu menunjukkan bahwa limbah ban didalam reaktor sudah menjadi arang.

Percobaan pirolisis dengan sudut  $30^{\circ}$  dapat dilihat grafik kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit ke 30 sampai menit ke 40, produksi minyak mengalami peningkatan produksi sebanyak 45 ml dan 85 ml. Hasil minyak mengalami titik puncak pada menit ke 50 yaitu sebanyak 100 ml. Percobaan dengan sudut  $30^{\circ}$  menghasilkan produksi minyak yang cenderung konstan pada menit ke 30 sampai menit ke 60 dikarenakan pengaruh kemiringan kondensor yang menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor karena gaya gravitasi.

Pada percobaan dengan bahan uji limbah ban luar dengan debit 6 LPM menggunakan aliran *counter flow* serta dilakukan pengisolasian pada kondensor, reaktor, dan pipa penghubung aliran asap sampai aliran keluar menunjukkan hasil yang lebih optimal daripada pengujian yang sama sebelumnya. Percobaan dengan variasi kemiringan sudut kondensor  $30^{\circ}$  menghasilkan produksi minyak 404 ml lebih banyak daripada sudut  $0^{\circ}$  dan  $15^{\circ}$  yaitu 374 ml dan 382 ml.

Proses pirolisis terjadi saat temperatur didalam reaktor yang tinggi mengakibatkan asap akan bergerak keluar ke atas dikarenakan masa jenis dalam reaktor relatif lebih kecil dibandingkan dengan udara di sekitarnya. Sistem pendinginan asap yang baik yaitu akan memperhatikan kecepatan laju perpindahan kalor hasil dari proses kondensasi pada kondensor berbanding lurus dengan hasil produksi minyak ban yang diperoleh. Peningkatan sudut kemiringan membuat asap yang mengalir didalam kondensor akan semakin lancar sehingga perpindahan kalor yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan



bahwa kemiringan sudut kondensor dapat berpengaruh terhadap hasil produksi minyak pada proses pirolisis.

#### 4.4 Korelasi Waktu Terhadap Laju Pendinginan

Nilai laju perpindahan kalor/panas yang terjadi didalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian dan hasil dari pengamatan akan dikorelasikan dengan hasil produksi minyak yang diperoleh pada setiap proses kondensasi per 10 menit. 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 6 liter / menit = 0,1 kg/s

c = Kalor jenis air ( 4180 kg/ J °C)

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

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

Contoh:

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

c = 4.180 kJ / Kg °C

T<sub>2</sub> = 47,18 °C

T<sub>3</sub> = 43,39 °C

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

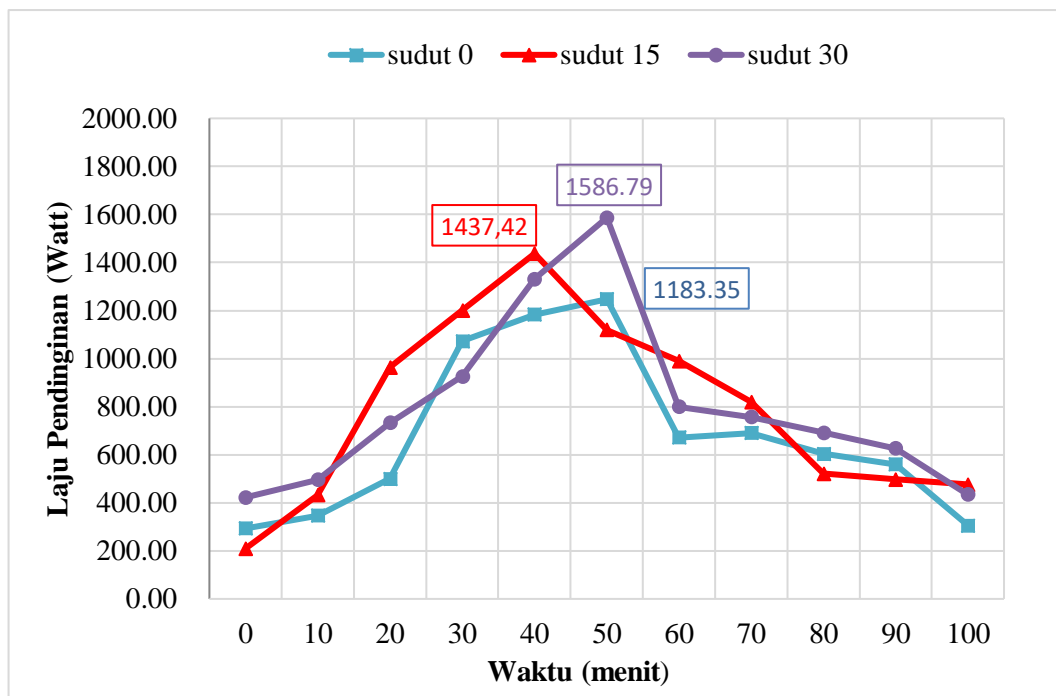
$$= 0,1 \text{ kg/s} \cdot 4.180 \text{ kJ / Kg } ^\circ\text{C} \cdot ( 47,18 - 43,39 ) ^\circ\text{C}$$

$$= 1581,56 \text{ Watt}$$

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.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diartikan bahwa aliran dengan menggunakan laju *counter flow* lebih baik dibandingkan dengan laju aliran

*parallel flow*. Hal tersebut dikarenakan nilai satu kalor yang didapat lebih besar sehingga laju pendinginan yang terjadi lebih tinggi dan minyak yang dihasilkan juga lebih banyak. Data korelasi waktu terhadap nilai laju perpindahan panas dari tiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



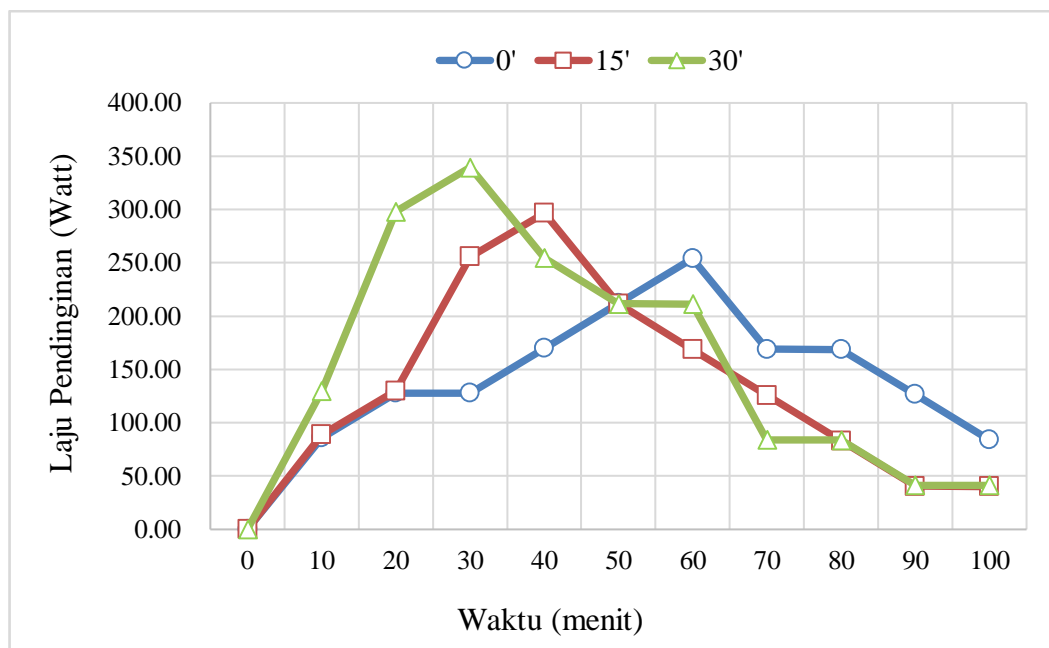
Gambar 4.2. Korelasi waktu terhadap nilai laju pendinginan

Dengan menggunakan teori rumus yang sudah ada maka didapat grafik 4.2. atas dapat dilihat bahwa nilai laju perpindahan panas yang tertinggi pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensator  $0^\circ$  terjadi dimenit ke 50, sudut kondensator  $15^\circ$  terjadi dimenit ke 40 dan pada sudut  $30^\circ$  terjadi dimenit ke 50.

Pada percobaan dengan sudut  $0^\circ$  dari menit awal sampai menit ke 30 mengalami kenaikan cukup tinggi dan setelah menit ke 30 sampai menit ke 50 kenaikan laju perpindahan panasnya cenderung konstan. Titik tertinggi nilai perpindahan panas pada sudut  $0^\circ$  terjadi dimenit ke 50 yaitu sebesar 1183,35 Watt dan setelah menit ke 50 nilai perpindahan panas cenderung menurun sampai dengan menit ke 100. Hal ini terjadi karena transfer panas dari asap yang dikondensasi oleh air pendingin sudah mulai berkurang.

Percobaan dengan sudut kondensor sebesar  $15^\circ$  pada kenaikan laju perpindahan terjadi dari menit awal sampai menit ke 40 dengan puncak perpindahan kalor sebesar 1437,42 Watt. Setelah menit ke 40 laju perpindahan panas mengalami penurunan sampai dengan menit ke 80. Pada menit ke 80 sampai menit ke 100 laju perpindahan kalor konstan berkisar antara 400 Watt sampai 600 Watt.

Pada percobaan dengan sudut  $30^\circ$  dari menit awal sampai menit ke 50 mengalami kenaikan laju perpindahan panas yang sangat signifikan. Titik tertinggi nilai perpindahan panas terjadi pada menit ke 50 sebesar 1586,79 Watt. Pada menit ke 50 ke menit 60 nilai perpindahan panas mengalami penurunan drastis dan setelah menit ke 60 sampai menit ke 100 penurunan perpindahan panas terjadi secara konstan. Hal ini terjadi karena transfer panas dari asap yang dikondensasi oleh air pendingin sudah mulai berkurang.



Gambar 4.3. Korelasi waktu terhadap nilai laju pendinginan (Widodo, 2017)

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi terjadi pada percobaan sudut  $30^\circ$  dengan nilai perpindahan kalor sebesar 339,59 Watt. Sedangkan pada percobaan dengan sudut kondensor  $15^\circ$  nilai tertinggi perpindahan kalor sebesar 296,64 Watt. Dan percobaan dengan sudut  $0^\circ$

mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 254,01 Watt. Grafik nilai laju pendinginan oleh Widodo (2017) menggunakan laju aliran yang searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan debit 6 LPM.

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

Data yang diambil adalah dengan cara mengukur total hasil minyak dan arang di setiap setelah selesai melakukan percobaan dengan bahan limbah ban sebanyak 1 kg.

Tabel 4.7. Persentase Hasil Minyak, Arang, dan Gas

Sudut kondensor	limbah ban (gr)	Minyak (gr)	Arang (gr)	Persentase Minyak (%)	Persentase Arang (%)	Persentase gas (%)
0 <sup>0</sup>	1000	281	420	28,1	42	29,9
15 <sup>0</sup>	1000	290	403	29	40,3	30,7
30 <sup>0</sup>	1000	319	392	31,9	39,2	28,9

Dari Gambar 4.7 di atas hasil dari percobaan menunjukkan bahwa persentase dari minyak, arang, dan gas yang didapat dengan menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan pengisolasian pada kondensor. Pada setiap percobaan menggunakan bahan limbah ban seberat 1 kg, sudut kondensor 0<sup>0</sup> menghasilkan minyak 28,1 %, sisa arang pirolisis limbah ban sebanyak 42 %. Pada sudut 15<sup>0</sup> arang yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 40,3 % dan minyak yang diproduksi sebesar 29 %. Pada sudut 30<sup>0</sup> hasil minyak yang didapat semakin banyak yaitu 31,9 % dan sisa arang sebanyak 39,2 %. Dari hasil percobaan tersebut menunjukkan, jika hasil minyak yang diproduksi semakin banyak, maka abu sisa pembakaran yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa pada alat pirolisis yang digunakan berjalan dengan baik karena asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan tidak terbuang ke lingkungan. Melihat data yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa dari ketiga percobaan yang dilakukan pirolisis dengan debit pendingin 6 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada kondensor, percobaan

dengan sudut kemiringan kondensor sebesar  $30^{\circ}$  adalah yang paling maksimal dengan lama waktu percobaan 100 menit.

Dari tiga proses percobaan yang dilakukan hasil minyak terbanyak adalah dengan variasi pengujian yang dilakukan pada sudut kemiringan kondensor  $30^{\circ}$ . Hasil sebanding dengan kemiringan sudut kondensor terhadap reaktor, apabila semakin tinggi kemiringan maka volume kondensat akan semakin banyak minyak yang dihasilkan. Perolehan minyak pirolisis pada sudut  $0^{\circ}$  sebanyak 374 ml, pada kemiringan sudut  $15^{\circ}$  volume total minyak sebanyak 382 dan pada sudut kemiringan kondensor  $30^{\circ}$  minyak hasil pirolisis sebanyak 404 ml.

#### 4.6 Karakteristik Minyak Hasil

Setelah mendapatkan minyak dari hasil pirolisis limbah ban bekas, diperoleh beberapa karakteristik sebagai berikut :

Tabel 4.8. Karakteristik minyak ban hasil pirolisis

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas (gr/ml)	0,875
2	Viskositas (mPa.s)	4,2 - 4,5
3	Nilai Kalor (Cal/gr)	10129,61
4	<i>Flash Point</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )	55-57

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis limbah ban. Berikut tabel karakteristik minyak pirolisis ban hasil dari para peneliti sebelumnya :

Tabel 4.9. Perbedaan karakteristik minyak ban dengan peneliti lain

No	Densitas (gr/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/gr)	Flash Point (°C)	Sumber
1.	0,875	4,2 - 4,5	10129,61	55-57	Hasil penelitian
2.	0,901	5,07-5,57	10032,41	58-60	Hasil penelitian Nurhadi (2017)
3.	0,81-0,86	1,31-1,92	8467,09	-	Syamsiro <i>et al</i> (2016)
4.	0,73	29	-	29	Mukharomah (2017)
5.	0,79	33	-	30	Hasyim <i>et al</i> (2017)
6.	0,97	5	10098,41	30	Hossain <i>et al</i> (2017)
7.	0,85	1,51	10199,90	34	Nabi <i>et al</i> (2014)
8.	0,96	4,75	10031,53	32	Islam <i>et al</i> (2008)

Tabel 4.9. Menunjukkan bahwa karakteristik minyak hasil percobaan tidak jauh berbeda dengan penelitian yang lain. Minyak pirolisis limbah ban yang dihasilkan dengan karakteristik yang diuji seperti densitas, nilai kalor, viskositas, dan nilai *flash point* memiliki selisih yang tidak jauh berbeda dari yang dihasilkan oleh para peneliti sebelumnya.

Minyak hasil dari proses pirolisis limbah ban jika dibandingkan dengan beberapa bahan bakar yang sudah ada dipasaran, seperti premium, solar dan minyak tanah memiliki hasil yang bervariasi. Hasil perbandingan karakteristik minyak hasil pirolisis limbah ban dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. 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	0,875	4,2 - 4,5	10129,61	55-57	Hasil Penelitian
2	Premium	0,7	0,7	11245	43	Andriyanto (2017)
3	Solar	0,83-0,88	5	11106,33	50	Surono, (2013)
4	Biodiesel	0,85-0,89	2,3-6,0	-	100	SNI Biodiesel (2006)
5	Pertamina Dex	0.820-0.860	2.0-4.5	-	55	Syamsiro, (2014)
6	Minyak tanah	0,9	1,4	10939,1	60,2	Andriyanto (2017)

Tabel 4.10. menunjukkan bahwa karakteristik minyak limbah ban hasil pirolisis tidak berbeda jauh dengan jenis BBM yang ada di pasaran khususnya BBM jenis solar, dilihat dari nilai densitas, viskositas, nilai kalor dan *flash point* yang nilainya hampir mendekati nilai karakteristik BBM jenis solar. Jika dilihat dari nilai kalor minyak limbah ban yang sebesar 10129,61 Cal/g, minyak limbah ban hasil pirolisis dapat dikategorikan sebagai bahan bakar minyak dengan kualitas tinggi dan mendekati nilai kalor BBM yang ada dipasaran. Dengan demikian jika proses pirolisis limbah diolah lebih lanjut dengan tepat maka dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang semakin lama semakin menipis persediaannya.

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

Berikut adalah perbandingan minyak hasil pirolisis dengan menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan pengisolasian pada kondensor 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 4.11.

Tabel 4.11. Perbandingan hasil minyak dengan hasil minyak penelitian lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30°	1 kg ban bekas setiap pengujian dengan dimensi 12x 5 cm	300 – 350 °C	100 menit	374 ml 382 ml 404 ml
Nurhadi (2017). Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30°	1 kg ban setiap pengujian dengan dimensi 15x 5 cm	300 – 350 °C	100 menit	312 ml 334 ml 341 ml
Syamsiro <i>et al.</i> , (2016)	500 gram ban dalam 500 gram ban luar	350 °C	-	54,6 ml (10,92 %) 68 ml (13,6 %)
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 4.11. menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan ban seberat 1 kg dan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, menghasilkan minyak yang lebih banyak dari penelitian lain. Hal ini karena pengaruh dari lamanya waktu percobaan. Untuk perbedaan dengan penelitian serupa, ukuran dimensi bahan baku juga mempengaruhi hasil minyak. Semakin besar ukuran bahan baku proses pemanasan di dalam reaktor akan semakin lama untuk menghasilkan asap yang akan dikondensasi di dalam kondensor.

Dari percobaan yang telah dilakukan, untuk proses pirolisis 1 buah limbah ban luar sepeda motor ukuran besar dengan ukuran limbah ban 200/90 dapat menghasilkan minyak sebanyak ± 1400 ml dengan berat 1 buah ban yaitu 4 kg.



Rumus untuk menghitung produksi minyak 1 buah ban :

$$p.\text{minyak} = m \times \Delta \text{ minyak}$$

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)

$$(374 \text{ ml} + 382 \text{ ml} + 404 \text{ ml}) = 386,6 \text{ ml}$$

Perhitungan untuk mencari produksi hasil minyak 1 buah ban:

$$\begin{aligned} p.\text{minyak} &= m \times \Delta \text{ Minyak} \\ &= 4 \text{ kg} \times 386,6 \text{ ml} \\ &= 1546 \text{ ml} \Rightarrow 1,5 \text{ liter} \end{aligned}$$

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

$$\eta = \frac{mM \times ncM}{mG \times ncG}$$

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 = 10129,61 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°

Deketahui : mM = 280 gram

mG = 1420 gram

ncM = 10129,61 Cal/g

ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{280 \times 10007,29}{1420 \times 11666,67} = 0,169 \times 100 \% \\ = 16,9 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 15°

Diketahui : mM = 302 gram  
 mG = 1445 gram  
 ncM = 10007,29 Cal/g  
 ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{302 \times 10007,29}{1445 \times 11666,67} = 0,179 \times 100 \% \\ = 17,9 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 30°

Diketahui : mM = 315 gram  
 mG = 1470 gram  
 ncM = 10007,29 Cal/g  
 ncG = 11666,67 Cal/g

$$\eta = \frac{315 \times 10007,29}{1470 \times 11666,67} = 0,183 \times 100 \% \\ = 18,3 \%$$