

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian variasi sudut kondensor yang digunakan yaitu: 0°, 15°, dan 30°. Aliran air pendingin di dalam kondensor menggunakan laju aliran yang searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan debit 18 LPM serta bahan baku yang diuji adalah ban bekas sepeda motor seberat 3 kg. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis ban.

### 4.2 Data Terkalibrasi

#### 4.2.1 Percobaan 1, sudut 0° dengan debit 18 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut 0° dengan debit air pendingin 18 LPM menghasilkan minyak sebanyak (359) ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan pada sudut 0°.

| <b>Debit 18 LPM, Sudut 0, Gas yang terpakai 1,42 Kg</b> |       |       |       |       |        |        |                  |               |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------------------|---------------|
| Waktu                                                   | T1    | T2    | T3    | T4    | TR     | Q      | Minyak           | Akumulasi     |
| (Menit)                                                 | (°C)  | (°C)  | (°C)  | (°C)  | (°C)   | (Watt) | 10/Menit<br>(ml) | Minyak<br>(%) |
| 0                                                       | 28,27 | 27,50 | 27,65 | 28,57 | 31,30  | 0,00   | 0                | 0             |
| 10                                                      | 53,32 | 28,68 | 28,81 | 28,98 | 168,02 | 163,02 | 0                | 0             |
| 20                                                      | 54,13 | 28,79 | 28,91 | 29,05 | 223,10 | 150,48 | 24               | 7,14285       |
| 30                                                      | 57,10 | 29,87 | 30,19 | 29,35 | 287,30 | 401,28 | 80               | 30,95238      |
| 40                                                      | 59,48 | 29,95 | 30,21 | 29,36 | 299,10 | 326,04 | 71               | 52,08333      |
| 50                                                      | 57,51 | 30,11 | 30,34 | 29,37 | 312,50 | 288,42 | 63               | 70,83333      |
| 60                                                      | 55,37 | 30,28 | 30,49 | 29,38 | 320,20 | 263,34 | 44               | 83,92857      |
| 70                                                      | 51,67 | 31,58 | 31,65 | 29,39 | 321,90 | 87,78  | 34               | 94,04762      |
| 80                                                      | 46,58 | 30,68 | 30,74 | 29,40 | 316,40 | 75,24  | 10               | 97,02381      |
| 90                                                      | 40,71 | 30,73 | 30,78 | 29,41 | 311,80 | 62,70  | 8                | 99,40476      |
| 100                                                     | 40,3  | 30,79 | 30,84 | 29,42 | 310,30 | 62,70  | 2                | 100           |

Percobaan pertama menggunakan bahan ban luar bekas sepeda motor seberat 1 kg yang dipotong menjadi ukuran sekitar 16 cm x 5 cm. Suhu pembakaran yang dipakai disesuaikan antara 300°C-350°C dengan pemanas yang berasal dari kompor gas. Pada menit ke 20 minyak mulai menetes dan terus meningkat sampai dengan menit ke 50 dan menit selanjutnya produksi minyak menurun. Pada menit ke 100 produksi minyak yang menetes sudah mulai melambat dan hanya menghasilkan minyak 2 ml. Pada percobaan pirolisis 0° total minyak yang didapat sebanyak 336 ml, setelah kondensor dibuka ternyata di dalamnya ada minyak yang tertinggal sebanyak 13 ml sehingga total produksi minyak menjadi 359 ml.

#### 4.2.2 Percobaan 2, sudut 15° dengan debit 18 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut 15° dengan debit air pendingin 18 LPM, minyak yang dihasilkan sebanyak (376) ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil percobaan pada sudut 15°.

| <b>Debit 18 LPM, Sudut 15, Gas yang terpakai 1,445 Kg</b> |        |       |       |       |        |        |                  |               |
|-----------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|------------------|---------------|
| Waktu                                                     | T1     | T2    | T3    | T4    | TR     | Q      | Minyak           | Akumulasi     |
| (Menit)                                                   | (°C)   | (°C)  | (°C)  | (°C)  | (°C)   | (Watt) | 10/Menit<br>(ml) | Minyak<br>(%) |
| 0                                                         | 31,04  | 30,15 | 30,19 | 28,04 | 33,10  | 0      | 0                | 0,00          |
| 10                                                        | 38,04  | 30,25 | 30,32 | 28,08 | 166,50 | 87,78  | 0                | 0,00          |
| 20                                                        | 95,01  | 30,34 | 30,48 | 28,02 | 235,60 | 175,56 | 35               | 9,33          |
| 30                                                        | 178,05 | 30,41 | 30,74 | 28,03 | 274,30 | 413,82 | 99               | 35,73         |
| 40                                                        | 66,03  | 31,33 | 31,64 | 28,07 | 311,90 | 388,74 | 90               | 59,73         |
| 50                                                        | 59,03  | 31,37 | 31,64 | 28,06 | 319,80 | 338,58 | 81               | 81,33         |
| 60                                                        | 51,06  | 31,67 | 31,85 | 28,09 | 324,60 | 225,72 | 44               | 93,07         |
| 70                                                        | 54,02  | 32,23 | 32,31 | 30,02 | 320,10 | 100,32 | 15               | 97,07         |
| 80                                                        | 43,06  | 32,36 | 32,42 | 30,03 | 316,20 | 75,24  | 7                | 98,93         |
| 90                                                        | 40,07  | 32,39 | 32,46 | 29,08 | 313,10 | 87,78  | 3                | 99,73         |
| 100                                                       | 40,03  | 32,62 | 32,69 | 29,08 | 309,70 | 87,78  | 2                | 100           |

Percobaan pirolisis kedua sudut kemiringan kondensor menggunakan sudut 15° dengan debit pendingin 18 LPM. Suhu selama proses pirolisis berlangsung disesuaikan berkisar pada 300°C-350°C. Pada percobaan yang kedua minyak hasil

pirolisis mulai menetes pada menit ke 20 dan sampai pada menit ke 100 minyak total yang dihasilkan sebanyak 376 ml. Setelah kondensor dibuka, tidak ada minyak yang tersisa di dalamnya karena sudut kondensor dimiringkan  $15^\circ$  sehingga minyak hasil pirolisis mengalir lancar ke tempat penampungan.

#### 4.2.3 Percobaan 3, sudut $30^\circ$ dengan debit air 18 LPM

Pengujian yang dilakukan pada sudut kondensor  $30^\circ$  dengan debit air pendingin 18 LPM menghasilkan minyak sebanyak (386) ml. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

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

| <b>Debit 18 LPM, Sudut 30, Gas yang terpakai 1,470 Kg</b> |                      |                      |                      |                      |                      |        |               |            |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|---------------|------------|
| Waktu                                                     | T1                   | T2                   | T3                   | T4                   | TR                   | Q      | Minyak        | Akumulasi  |
| (Menit)                                                   | ( $^\circ\text{C}$ ) | (Watt) | 10/Menit (ml) | Minyak (%) |
| 0                                                         | 29,01                | 29,67                | 29,35                | 30,5                 | 342,10               | 0,00   | 0             | 0,00       |
| 10                                                        | 55,43                | 30,37                | 30,43                | 29,78                | 190,00               | 75,24  | 0             | 0,00       |
| 20                                                        | 142,61               | 30,38                | 30,57                | 29,78                | 289,80               | 238,26 | 78            | 20,21      |
| 30                                                        | 169,05               | 32,53                | 32,89                | 31,37                | 305,80               | 451,44 | 105           | 47,41      |
| 40                                                        | 146,21               | 32,69                | 32,94                | 30,65                | 314,50               | 313,50 | 91            | 70,98      |
| 50                                                        | 116,57               | 32,77                | 32,98                | 30,65                | 316,40               | 263,34 | 53            | 84,72      |
| 60                                                        | 87,54                | 33,46                | 33,62                | 30,65                | 318,70               | 200,64 | 24            | 90,93      |
| 70                                                        | 74,48                | 33,57                | 33,71                | 30,58                | 320,10               | 175,56 | 16            | 95,08      |
| 80                                                        | 65,79                | 33,58                | 33,64                | 30,20                | 318,20               | 75,24  | 12            | 98,19      |
| 90                                                        | 52,32                | 33,61                | 33,67                | 30,47                | 306,30               | 75,24  | 5             | 99,48      |
| 100                                                       | 43,90                | 32,61                | 32,66                | 30,36                | 302,20               | 62,70  | 2             | 100        |

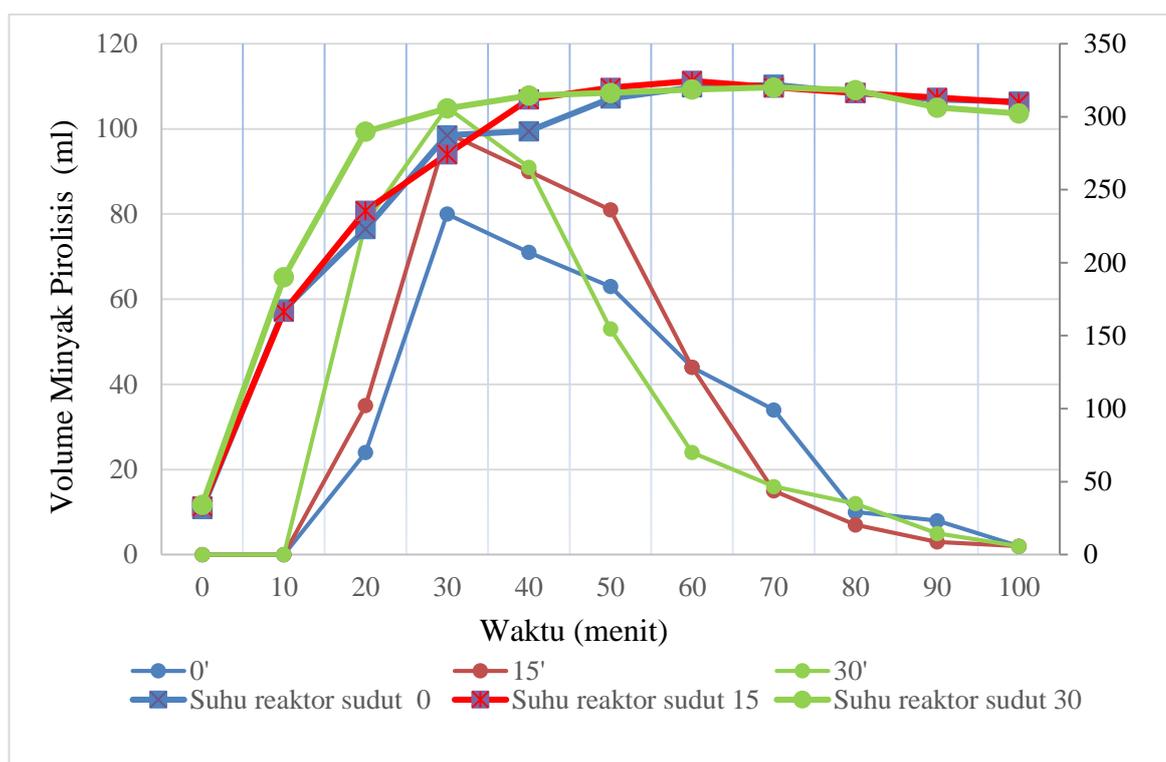
Pada percobaan yang ketiga menggunakan sudut kemiringan kondensor  $30^\circ$  dengan debit air pendingin 18 LPM. Pada percobaan ini suhu pembakaran tetap dijaga antara  $300^\circ\text{C}$ - $350^\circ\text{C}$ . Percobaan yang ketiga minyak mulai menetes pada menit ke 20 dan terus menetes dengan cepat sampai menit ke 30, kemudian pada menit selanjutnya produksi minyak mulai menurun. Total minyak yang dihasilkan mencapai 386 ml. Kemiringan sudut kondensor yang cukup besar ini menjadikan

minyak hasil pengkondensasian di dalam kondensor langsung mengalir dengan lancar ke tempat penampungan.

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

### 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 18 LPM dan jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada waktu antara menit 20 sampai 30 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu (80)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 30 produksi minyak mengalami penurunan dari 71 ml ke (44) ml dan terus menurun sampai 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 18 LPM. Minyak hasil produksi pirolisis terbanyak diperoleh dari menit ke 30 sampai 40 yang menghasilkan minyak sebanyak (99) ml. Kenaikan volume minyak yang signifikan terjadi setelah menit ke-20 sampai dengan menit yang ke 30 dengan hasil minyak yang diperoleh sebanyak 99 ml. Kemudian di menit 40 minyak mengalami penurunan dari (90) ml ke (81) ml dan terus menurun sampai 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 99 ml, setelah itu produksi minyak menurun dengan stabil hingga menit 100 yang hanya mengasilkan minyak sebanyak 2 ml. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ban yang berada di dalam reaktor sudah menjadi abu, sehingga minyak yg dihasilkan sangatlah sedikit.

Percobaan dengan sudut kondensor  $30^\circ$  setelah menit ke-10 sampai menit ke-20 produksi minyak mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu sebanyak 105 ml. Setelah menit ke-10 jumlah produksi minyak langsung meningkat sampai pada titik tertinggi yaitu dimenit ke-30 dengan hasil produksi

minyak sebanyak 105 ml. Setelah menit ke-30 ke menit 50 produksi minyak mengalami penurunan yang sangat drastis menjadi 53 ml dan menit selanjutnya penurunan produksi minyak cenderung stabil sampai menit ke-100 produksi minyak hanya 1 ml. Hal ini menandakan bahwa ban yang dibakar di dalam reaktor setelah menit ke-30 sudah mulai menjadi abu.

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 (359) ml, sudut  $15^\circ$  menghasilkan minyak sebanyak (376) ml, dan sudut  $30^\circ$  menghasilkan minyak sebanyak (386) ml.

#### 4.4 Korelasi Waktu Terhadap Laju Pendinginan

Di dalam kondensor nilai laju perpindahan kalor yang terjadi 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 perpindahan panas diperoleh dari laju aliran air pendingin yang arahnya searah dengan laju aliran uap (*parallel flow*). Laju transfer panas hanya dihitung dari proses transfer energi panas yang diterima oleh air pendingin.

Rumus untuk laju perpindahan panas aliran *parallel flow*:

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

Keterangan :

q = Perpindahan kalor

$\dot{m}$  = Laju massa fluida (kg/s), untuk debit 18 liter / menit = 0,3 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 = 0,3 kg/s

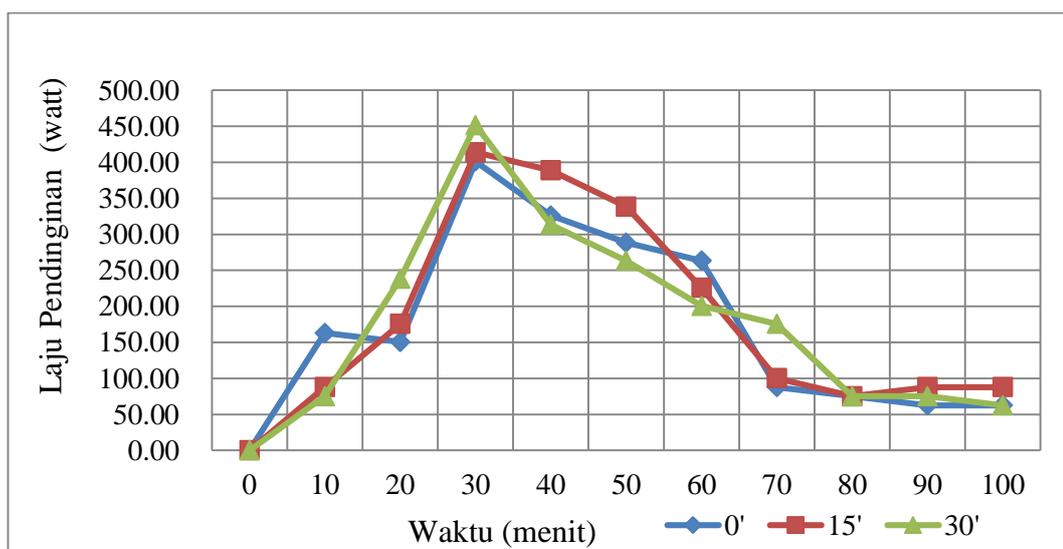
c = 4180 J/kg °C

T<sub>2</sub> = 32,53°C

T<sub>3</sub> = 32,89°C

$$\begin{aligned} q &= \dot{m}.c (T_3-T_2) \\ &= 0,3 \text{ kg/s} . 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} . (32,89-32,53)^\circ\text{C} \\ &= 451,44 \text{ Watt} \end{aligned}$$

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

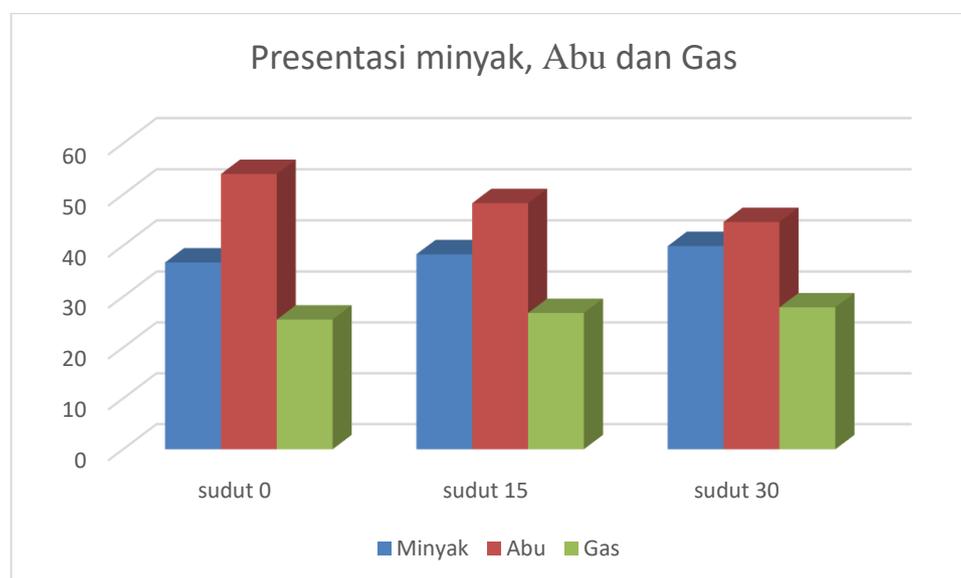
Dengan menggunakan teori rumus yang sudah ada seperti contoh di atas, maka didapat grafik seperti pada Gambar 4.2. Dari gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa titik puncak nilai laju perpindahan panas yang tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $30^\circ$  yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalornya yaitu sebesar 451,44 Watt dimenit ke 30. Sedangkan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $15^\circ$  titik perpindahan kalor tertinggi yaitu sebesar 413,82 Watt dan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor  $0^\circ$  titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 401,28 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 yang 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 penyalanya 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 setiap percobaan dengan bahan limbah ban 1 kg. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik persentase minyak dan sisa abu dari setiap percobaan

Dari Gambar 4.3 persentase yang didapat pada grafik yaitu dengan cara menimbang massa minyak dan juga massa abu yang telah didapatkan dari setiap percobaan dengan bahan ban bekas seberat 1 kg. Dari hasil ketiga percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat, jika hasil minyak yang diproduksi semakin banyak, maka abu sisa pembakaran yang didapat semakin sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pada alat pirolisis yang digunakan berjalan dengan baik karena asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan tidak terbuang ke lingkungan begitu saja. Pada Gambar 4.3 korelasi yang terjadi pada sudut 0° produksi minyak yang dihasilkan sebanyak (28) % dari 1 kg ban bekas yang dibakar dan menyisakan abu sebanyak (46,5) %. Sebanding dengan hal itu pada percobaan

dengan sudut 30° produksi minyak yang dihasilkan semakin banyak yaitu sebesar (31,5) % dengan sisa abu yang dihasilkan lebih sedikit yaitu (40,6) % dari 1 kg ban bekas yang dibakar sudut 15 menghasilkan minyak (30,2) % dan abu (43) %. Melihat dari data yang telah didapatkan dari ketiga percobaan yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa percobaan pirolisis dengan debit pendinginan 18 LPM menggunakan variasi sudut kemiringan kondensor, hasil yang maksimal didapat dengan menggunakan sudut kemiringan kondensor sebesar 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit.

#### 4.6 Karakteristik Minyak Hasil

Setelah mendapatkan minyak dari hasil pirolisis limbah ban bekas, tahap selanjutnya dilakukan penelitian terhadap minyak yang telah dihasilkan dari proses pirolisis dan diperoleh beberapa karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Karakteristik minyak ban hasil pirolisis

| No. | Parameter               | Nilai     |
|-----|-------------------------|-----------|
| 1   | Densitas (gr/ml)        | 0,913     |
| 2   | Viskositas (mPa.s)      | 5,07-5,57 |
| 3   | Nilai Kalor (Cal/gr)    | 9654,9859 |
| 4   | <i>Flash Point</i> (°C) | 56-61     |

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/peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbedaan karakteristik minyak ban dengan peneliti lain

| No. | Densitas (gr/ml) | Viskositas (mPa.s) | Nilai Kalor (Cal/gr) | Flash Point (°C) | Sumber                       |
|-----|------------------|--------------------|----------------------|------------------|------------------------------|
| 1   | 0,913            | 5,07-5,57          | 9654,98              | 56-61            | Hasil penelitian             |
| 2   | 0,901            | 5,07-5,57          | 10032,41             | 58-60            | Iqbal 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 (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 cSt           | 10031,53             | 32               | Islam <i>et al</i> (2008)    |
| 9   | 0,774            | 3-3,2              | 10.727,59            | 33-37            | Danang (2017)                |
| 10  | 0,83-0,88        | 5                  | 11106,33             | 50               | Surono, (2013)               |

Tabel 4.5. Menunjukkan bahwa karakteristik minyak hasil percobaan untuk nilai densitas tidak jauh berbeda dengan penelitian yang lain. Nilai kalor yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan penelitian yang lain dengan nilai kalor di atas 9000 Cal/gr dan untuk nilai *flash point* yang didapat jauh lebih besar dari penelitian lain yaitu sebesar 56°C.

Minyak hasil dari proses pirolisis ban dibandingkan dengan beberapa bahan bakar yang sudah ada dipasaran, seperti 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        | 0,913            | 5,07-5,57          | 9654,98              | 56-61            | Hasil Penelitian  |
| 2   | Premium           | 0,7              | 0,7                | 11245                | 43               | Andriyanto (2017) |
| 3   | Solar             | 0,83-0,88        | 5                  | 11106,33             | 50               | Surono, (2013)    |
| 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 4.6 menunjukkan bahwa karakteristik minyak ban hasil pirolisis mendekati angka atau tidak berbeda jauh dengan 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 ban yang mencapai angka 9654,98Cal/g, minyak ban hasil pirolisis termasuk dalam bahan bakar minyak dengan kualitas tinggi dan hampir mendekati nilai kalor BBM yang ada dipasaran. Dengan demikian jika diolah lebih lanjut dengan tepat 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 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°<br>Sudut 15°<br>Sudut 30°<br>Debit air pendingin 18 LPM                 | 1 kg limbah ban luar setiap pengujian dengan ukuran 16 × 5 cm | 300 – 350 °C                              | 100 menit | 359 ml<br>376 ml<br>386 ml                       |
| Widodo (2017)<br>Sudut 0°<br>Sudut 15°<br>Sudut 30°<br>Debit air pendingin 6 LPM | 1 kg limbah ban luar setiap pengujian dengan ukuran 12 × 5 cm | 300 – 350 °C                              | 100 menit | 329 ml<br>352 ml<br>374 ml                       |
| Syamsiro dkk, (2016)                                                             | 500 gram ban dalam<br>500 gram ban luar                       | 350 °C                                    | -         | 54.6 ml (10,92 %)<br>68 ml (13,6 %)              |
| Hasyim, (2017)                                                                   | Ban dalam 2,5 kg + 2,5 kg serabut kelapa sawit                | 250°C<br>300°C<br>350°C<br>400°C<br>450°C | 60 menit  | 120 ml<br>150 ml<br>175 ml<br>190 ml<br>220 ml   |
| Mukharomah, (2017)                                                               | Ban dalam murni<br>Ban dalam + katalis zeolit                 | 250°C<br>300°C<br>350°C                   | 60 menit  | (160, 175, dan 190) ml<br>(150, 160, dan 165) ml |

Tabel 4.7 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 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 200/90 dapat menghasilkan minyak sebanyak ± 1400 ml dengan berat 1 buah ban yaitu 4 kg. Hasil ini didapat dengan melakukan perhitungan.

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)

$$(359 \text{ ml} + 376 \text{ ml} + 386 \text{ ml}) = 1,121 \text{ ml}$$

Perhitungan untuk mencari produksi hasil minyak 1 buah ban:

$$\begin{aligned} p.\text{minyak} &= m \times \Delta \text{Minyak} \\ &= 4 \times 351,7 \\ &= 1406 \text{ ml} \Rightarrow 1,4 \text{ liter} \end{aligned}$$

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 = 10007,29 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 = 367 gram

mG = 1420 gram

ncM = 9654,9859 Cal/g

$$ncG = 11666,67 \text{ Cal/g}$$

$$\eta = \frac{367 \times 9654,9859}{1420 \times 11666,67} = 0,213 \times 100 \% \\ = 21,3 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut  $15^\circ$

Diketahui :  $mM = 383 \text{ gram}$

$$mG = 1445 \text{ gram}$$

$$ncM = 9654,9859 \text{ Cal/g}$$

$$ncG = 11666,67 \text{ Cal/g}$$

$$\eta = \frac{383 \times 9654,9859}{1445 \times 11666,67} = 0,223 \times 100 \% \\ = 22,3 \%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut  $30^\circ$

Diketahui :  $mM = 399 \text{ gram}$

$$mG = 1470 \text{ gram}$$

$$ncM = 9654,9859 \text{ Cal/g}$$

$$ncG = 11666,67 \text{ Cal/g}$$

$$\eta = \frac{399 \times 9654,9859}{1470 \times 11666,67} = 0,224 \times 100 \% \\ = 22,4 \%$$