

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Variasi sudut kondensor dalam penelitian ini yaitu: 0° , 15° , dan 30° serta aliran air dalam kondensor yaitu aliran air berlawanan dengan laju uap (*counter flow*) menggunakan bahan plastik LDPE (*Low density polyethylene*) dengan debit air pendingin 18 LPM. Data dan pembahasan dimulai dari percobaan pirolisis plastik.

4.2. Data Terkalibrasi

4.2.1. Percobaan 1, Debit 18 LPM Sudut 0°

Pengujian dengan debit 18 LPM, menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 0° minyak yang dihasilkan adalah 580 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,34 kg. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut:

Tabel 4.1 Data Percobaan Sudut 0°

| Debit 18 LPM, sudut 0° | | | | | T Reaktor rata-rata ($^\circ\text{C}$) | Q (Watt) | Minyak /10 menit (ml) | Konsumsi gas /10 menit (Kg) |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|-------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| WAKTU (menit) | T1 ($^\circ\text{C}$) | T2 ($^\circ\text{C}$) | T3 ($^\circ\text{C}$) | T4 ($^\circ\text{C}$) | | | | |
| 0 | 34,31 | 34,08 | 33,98 | 33,85 | 34,48 | 133,85 | 0 | 0 |
| 10 | 41,00 | 36,22 | 35,80 | 4216 | 140,46 | 521,31 | 0 | 0,14 |
| 20 | 90,02 | 37,13 | 36,71 | 41,96 | 293,57 | 524,13 | 20 | 0,14 |
| 30 | 286,32 | 39,06 | 38,52 | 40,32 | 337,96 | 657,05 | 80 | 0,13 |
| 40 | 134,59 | 40,68 | 39,75 | 39,49 | 343,20 | 1169,88 | 110 | 0,15 |
| 50 | 91,04 | 41,39 | 40,15 | 38,67 | 339,88 | 1552,94 | 155 | 0,14 |
| 60 | 62,78 | 40,88 | 39,95 | 38,47 | 292,72 | 1170,51 | 125 | 0,13 |
| 70 | 48,60 | 39,77 | 39,24 | 37,44 | 208,83 | 659,24 | 50 | 0,13 |
| 80 | 43,83 | 38,96 | 38,53 | 36,93 | 209,90 | 529,78 | 25 | 0,12 |
| 90 | 41,91 | 38,55 | 38,13 | 37,13 | 211,87 | 528,52 | 10 | 0,13 |
| 100 | 41,50 | 37,64 | 37,22 | 406,44 | 209,44 | 525,70 | 5 | 0,13 |
| Total | | | | | | | 580 | 1,34 |

Pada percobaan pertama minyak mulai menetes pada menit ke 18 dan terus meningkat sampai menit ke 50, kemudian produksi minyak menurun. Pada menit ke 100 minyak menetes sangat lambat dan hanya menghasilkan 5 ml. Total minyak yang dihasilkan pada percobaan ini yaitu sebesar 580 ml.

Tabel 4.2 Data Percobaan Sudut 0° (Wijaya, 2017)

| Debit 18 LPM, sudut 0°, berat gas 1,44 kg | | | | | | | Minyak /10 menit (ml) | akumulasi minyak (%) |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------------------|----------------------|
| waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | T4 (°C) | T5 (°C) | Q (Watt) | | |
| 0 | 26,62 | 30,02 | 30,03 | 24,81 | 34,1 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 10 | 42,92 | 28,91 | 29,15 | 30,05 | 188,3 | 301,8 | 0 | 0,00 |
| 20 | 95,59 | 28,50 | 28,71 | 33,64 | 240,5 | 264,24 | 15 | 2,78 |
| 30 | 86,58 | 28,20 | 28,51 | 35,08 | 286,8 | 392,14 | 57 | 13,33 |
| 40 | 71,69 | 27,69 | 28,21 | 32,61 | 320,0 | 647,62 | 96 | 31,11 |
| 50 | 55,58 | 33,17 | 33,77 | 32,51 | 308,9 | 757,64 | 148 | 58,52 |
| 60 | 55,99 | 32,66 | 33,17 | 31,79 | 312,5 | 632,25 | 126 | 81,85 |
| 70 | 46,67 | 32,05 | 32,56 | 33,23 | 313,3 | 634,14 | 35 | 88,33 |
| 80 | 47,48 | 36,52 | 36,91 | 36,21 | 320,6 | 493,39 | 12 | 90,56 |
| 90 | 46,37 | 36,11 | 36,41 | 37,44 | 316,7 | 376,69 | 10 | 92,41 |
| 100 | 47,08 | 36,82 | 37,12 | 35,69 | 314,6 | 365,49 | 6 | 93,52 |

Jika dibandingkan dengan pengujian (Wijaya, 2017). Pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 0° minyak yang dihasilkan yaitu 540 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,44 kg.

4.2.2. Percobaan 2, debit 18 LPM sudut 15°

Pengujian dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 15° minyak yang dihasilkan adalah 690 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,34 kg. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Percobaan Sudut 15°

| Debit 18 LPM, sudut 15 | | | | | T Reaktor rata-rata (°C) | Q (Watt) | Minyak /10 menit (ml) | Konsumsi gas /10 menit (Kg) |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| WAKTU (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | T4 (°C) | | | | |
| 0 | 34,41 | 33,07 | 32,96 | 35,08 | 33,46 | 130,73 | 0 | 0 |
| 10 | 44,24 | 34,79 | 34,18 | 36,11 | 129,00 | 770,83 | 15 | 0,14 |
| 20 | 60,45 | 36,52 | 35,80 | 37,13 | 180,65 | 903,12 | 60 | 0,14 |
| 30 | 237,20 | 38,25 | 37,42 | 37,44 | 363,30 | 1035,40 | 115 | 0,13 |
| 40 | 282,78 | 39,97 | 38,53 | 38,26 | 342,16 | 1802,46 | 180 | 0,13 |
| 50 | 233,35 | 39,97 | 38,63 | 37,65 | 347,41 | 1675,51 | 145 | 0,14 |
| 60 | 220,89 | 40,07 | 39,14 | 38,26 | 343,38 | 1168,00 | 90 | 0,13 |
| 70 | 192,43 | 40,68 | 40,15 | 38,26 | 337,29 | 662,06 | 50 | 0,13 |
| 80 | 178,96 | 40,58 | 40,05 | 38,26 | 337,49 | 661,75 | 20 | 0,13 |
| 90 | 137,43 | 40,58 | 40,15 | 38,26 | 335,20 | 534,79 | 10 | 0,13 |
| 100 | 85,36 | 40,68 | 40,36 | 38,06 | 330,49 | 408,15 | 5 | 0,13 |
| Total | | | | | | | 690 | 1,34 |

Pada percobaan kedua dengan sudut 15° minyak mulai menetes pada menit ke 6 dan terus meningkat sampai ke menit 40 selanjutnya produksi minyak menurun. Total minyak yang dihasilkan dari percobaan ini yaitu 690 ml.

Tabel 4.4. Data Percobaan Sudut 15° (Wijaya, 2017)

| Debit 18 LPM, sudut 15°, berat gas 1,47 kg | | | | | | | Minyak /10 menit (ml) | Akumulasi minyak (%) |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------------------|----------------------------|
| waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | T4 (°C) | T5 (°C) | Q (Watt) | | |
| 0 | 34.82 | 33.48 | 33.47 | 33.64 | 30,8 | 0.00 | 0 | 0,00 |
| 10 | 41.40 | 34.69 | 34.79 | 31.79 | 195,7 | 118.16 | 8 | 1,36 |
| 20 | 104.81 | 34.69 | 34.79 | 30.76 | 246,5 | 118.16 | 68 | 12,88 |
| 30 | 123.75 | 35.00 | 35.70 | 31.79 | 292,2 | 878.95 | 128 | 34,58 |
| 40 | 205.49 | 35.50 | 36.10 | 31.38 | 308,9 | 750.43 | 152 | 60,34 |
| 50 | 132.06 | 35.91 | 36.61 | 30.76 | 304,8 | 876.13 | 115 | 79,83 |
| 60 | 61.16 | 35.91 | 36.41 | 31.07 | 316,0 | 622.22 | 72 | 92,03 |
| 70 | 49.61 | 35.71 | 36.10 | 31.18 | 324,9 | 495.89 | 18 | 95,08 |
| 80 | 44.85 | 36.01 | 36.41 | 29.43 | 314,3 | 494.95 | 16 | 97,80 |
| 90 | 43.02 | 36.22 | 36.51 | 31.18 | 318,1 | 367.37 | 9 | 99,32 |
| 100 | 41.10 | 35.91 | 36.10 | 31.07 | 317,2 | 241.36 | 4 | 100,00 |

Jika dibandingkan dengan pengujian (Wijaya, 2017). Pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 15° minyak yang dihasilkan adalah 590 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,47 kg.

4.2.3. Percobaan 3, debit 18 LPM sudut 30°

Pengujian dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 30° minyak yang dihasilkan adalah 540 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,34 kg. Hasil dapat dilihat pada gambar 4.5.

Tabel 4.5 Data Percobaan Sudut 30°

| Debit 18 LPM, sudut 30° | | | | | T Reaktor rata-rata (°C) | Q (Watt) | Minyak /10 menit (ml) | Konsumsi gas /10 menit (Kg) |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| WAKTU (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | T4 (°C) | | | | |
| 0 | 31,07 | 33,07 | 32,96 | 33,13 | 29,37 | 130,73 | 0 | 0 |
| 10 | 38,47 | 33,48 | 34,28 | 30,97 | 150,59 | 262,07 | 20 | 0,15 |
| 20 | 86,48 | 33,68 | 35,71 | 30,87 | 175,29 | 519,75 | 70 | 0,14 |
| 30 | 196,17 | 35,20 | 36,22 | 34,98 | 325,43 | 902,18 | 80 | 0,14 |
| 40 | 284,50 | 39,77 | 39,77 | 31,48 | 345,29 | 1167,06 | 120 | 0,13 |
| 50 | 283,59 | 44,84 | 44,84 | 32,00 | 345,10 | 1055,78 | 140 | 0,14 |
| 60 | 284,40 | 50,12 | 49,37 | 32,92 | 338,17 | 945,13 | 60 | 0,13 |
| 70 | 265,66 | 53,27 | 52,61 | 34,26 | 338,26 | 827,89 | 25 | 0,13 |
| 80 | 287,64 | 56,61 | 56,05 | 36,52 | 338,52 | 711,28 | 10 | 0,13 |
| 90 | 285,82 | 51,84 | 51,49 | 36,31 | 339,34 | 442,64 | 10 | 0,12 |
| 100 | 280,95 | 51,74 | 51,29 | 35,39 | 337,15 | 569,28 | 5 | 0,16 |
| Jumlah | | | | | | | 540 | 1,34 |

Pada percobaan ketiga minyak mulai menetes pada menit ke 10 dan terus meningkan sampai menit 50 kemudian produksi minyak mulai menurun. Total minyak yang dihasilkan yaitu 540 ml.

Tabel 4.6. Data Percobaan Sudut 30° (Wijaya, 2017)

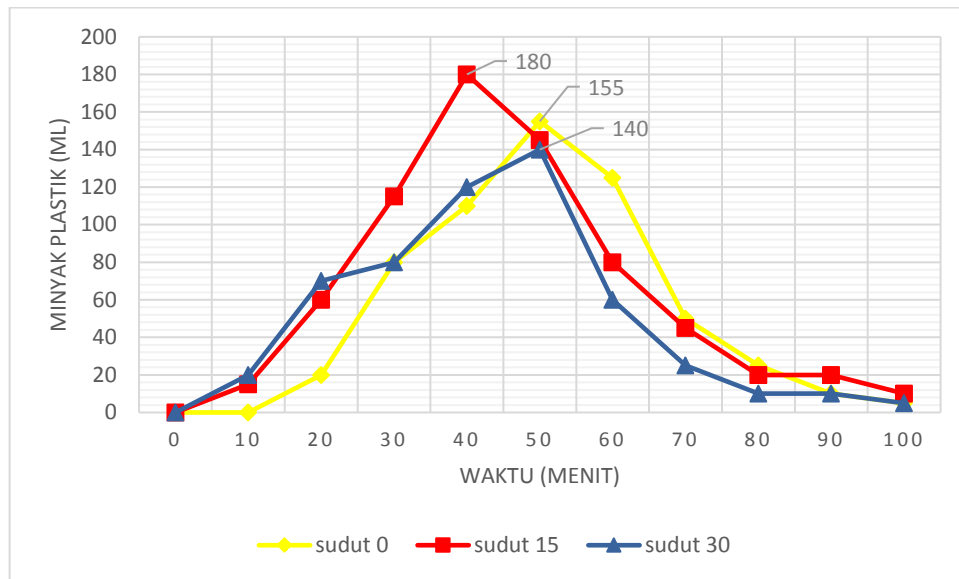
| Debit 18 LPM, sudut 30, berat gas 1,43 kg | | | | | | | Minyak /10 menit (ml) | akumulasi minyak (%) |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------------------|----------------------|
| Waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | T4 (°C) | T5 (°C) | Q (Watt) | | |
| 0 | 34,62 | 36,72 | 36,81 | 39,19 | 37,6 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 10 | 81,82 | 37,03 | 37,12 | 37,54 | 224,5 | 110,95 | 14 | 2,69 |
| 20 | 77,56 | 36,62 | 36,91 | 39,68 | 281,6 | 366,12 | 85 | 19,04 |
| 30 | 58,72 | 37,43 | 37,62 | 40,01 | 309,1 | 236,65 | 125 | 43,08 |
| 40 | 64,80 | 37,53 | 37,93 | 39,29 | 310,2 | 490,25 | 134 | 68,85 |
| 50 | 58,72 | 37,53 | 37,82 | 36,93 | 314,3 | 363,30 | 80 | 84,23 |
| 60 | 64,80 | 37,33 | 37,52 | 37,75 | 311,5 | 236,97 | 38 | 91,54 |
| 70 | 55,99 | 37,33 | 37,52 | 36,11 | 327,9 | 236,97 | 19 | 95,19 |
| 80 | 51,33 | 37,53 | 37,62 | 36,11 | 322,6 | 109,39 | 12 | 97,50 |
| 90 | 46,57 | 37,23 | 37,32 | 34,46 | 319,7 | 110,33 | 8 | 99,04 |
| 100 | 46,57 | 36,52 | 36,61 | 34,36 | 112,52 | 112,52 | 5 | 100,00 |

Jika dibandingkan dengan pengujian Wijaya (2017) dengan debit 18 LPM menggunakan konfigurasi aliran *parallel flow* dan tanpa dilakukan pengisolasian pada reaktor. Sudut 30° minyak yang dihasilkan adalah 520 ml dan gas yang terpakai yaitu 1,43 kg

Perbandingan percobaan pada sudut 0°, 15°, dan 30° diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada reaktor menghasilkan minyak lebih banyak dan juga lebih efisiensi dalam penggunaan bahan bakar.

4.3. Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama waktu yang penelitian dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara lama waktu pirolisis dengan banyaknya minyak yang didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Grafik tersebut merupakan hasil dari data yang telah terkalibrasi. Gambar 4.1 di atas menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar untuk sudut 0° dengan debit 18 LPM dan jenis aliran *counter flow* didapatkan pada waktu antara menit 40-50 dengan hasil minyak pada menit tersebut yaitu 155 ml. Kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 30 sampai menit 50. Pada menit awal antara 0-20 minyak hanya keluar sedikit. Hal ini disebabkan oleh kemiringan kondensor yang dipakai yaitu 0° . Pada kemiringan ini asap yang telah terkondensasi menjadi minyak masih terperangkap di dalam kondensor. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit 50 yang menjadi titik puncak pirolisis. Setelah menit ke-60 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor sebagian sudah menjadi abu. Hal ini ditandai dengan penurunan jumlah produksi asap cair / minyak yang diperoleh. Terjadi penurunan hasil minyak yang signifikan pada menit 70 yaitu dari 125 ml ke 50 ml. Semakin lama hasil minyak semakin menurun bersamaan dengan habisnya plastik yang ada didalam reaktor pembakaran. Minyak yang dihasilkan sangat sedikit pada menit 100 yang menandai plastik yang dibakar sudah berubah menjadi abu.

Percobaan pirolisis dengan sudut 15° dengan debit 18 LPM. Dapat diamati bahwa hasil volume minyak terbesar didapatkan pada waktu antara menit 30 - 40 dengan hasil minyak yang didapat pada menit tersebut yaitu 180 ml. Kenaikan

yang paling signifikan yaitu setelah menit 30 sampai menit 40, hasilnya yaitu 65 ml. Dalam percobaan menggunakan kemiringan 15° minyak yang dihasilkan cenderung lebih stabil di menit awal 30-40. Puncak produksi minyak terjadi di menit 40 dengan minyak 180 ml. Setelah menit 50 produksi minyak cenderung menurun, hingga menit 100 hanya didapat 5 ml saja. Hal ini menunjukkan bahwa plastik di dalam reaktor sudah menjadi abu.

Percobaan pirolisis dengan sudut 30° dapat dilihat kenaikan yang paling signifikan yaitu setelah menit 30 sampai menit 40, hasilnya yaitu dari 80 ml naik sampai 120 ml. Kemiringan kondensor sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan. Percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak yang konstan dan relatif banyak pada awal percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor karena gaya gravitasi. Minyak dihasilkan pada menit ke 10, setelah itu produksi meningkat sampai titik puncak pada menit ke 50 dengan hasil minyak 140 ml. Hasil minyak pada kemiringan 30° tidak sebanyak minyak pada percobaan sudut 15° dikarenakan kondensor yang terlalu miring sehingga asap mengalir terlalu cepat. Hal ini mengakibatkan asap yang belum terkondensasi sempurna terbuang lewat cerobong asap. Penurunan produksi minyak terjadi setelah menit 40, artinya plastik di reaktor sudah mulai berubah menjadi abu. Produksi minyak pada menit 90-100 hanya 5 ml.

4.4. Korelasi Waktu terhadap Laju Pendinginan

Nilai laju perpindahan kalor/panas yang terjadi di dalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian dan kemudian akan dikorelasikan dengan hasil minyak yang diperoleh dalam setiap proses kondensasi. Dalam penelitian ini laju transfer panas hanya dihitung dari proses transfer energi panas yang diterima oleh air pendingin.

Laju perpindahan panas *counter flow*:

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

Dimana : q = perpindahan kalor

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

c = Kalor jenis air (4180 kg/ J °C)

T₂ = Suhu keluar fluida pendingin

T₃ = Suhu masuk fluida pendingin

Contoh:

Percobaan 1, menit 30. Diketahui : m = 0,3 kg/s

$$C = 4.180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 39,06^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 38,52^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q &= m.c (T_3 - T_2) \\ &= 0,3 \text{ kg/s} . 4.180 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C} .(39,06-38,52) ^\circ\text{C} \\ &= 657,05 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jenis aliran mana yang paling baik antara aliran *counter flow* dengan *parallel flow* maka dicarilah nilai LMTD terlebih dahulu dari masing - masing aliran. Penelitian ini menggunakan jenis aliran *counter flow* sedangkan penelitian sebelumnya yaitu penelitian (Wijaya,2017) menggunakan jenis aliran *parallel flow*.

Aliran *counter flow*:

$$\text{LMTD}_{\text{CF}} = \frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{out}}) - (T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{in}})}{\ln\left(\frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{out}})}{(T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{in}})}\right)}$$

Contoh:

Percobaan 1, menit 30. Diketahui : $T_{h,\text{in}} = 286,32^{\circ}\text{C}$

$$T_{h,\text{out}} = 40,32^{\circ}\text{C}$$

$$T_{c,\text{in}} = 39,06^{\circ}\text{C}$$

$$T_{c,\text{out}} = 38,52^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{LMTD}_{\text{CF}} &= \frac{(286,32 - 38,52) - (40,32 - 39,06)}{\ln\left(\frac{(286,32 - 38,52)}{(40,32 - 39,06)}\right)} \\ &= \frac{(247,48 - 1,26)}{\ln\left(\frac{247,48}{1,26}\right)} \\ &= 46,63 \end{aligned}$$

Penelitian Wijaya (2017) menggunakan aliran *parallel flow*:

$$\text{LMTD}_{\text{PF}} = \frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}}) - (T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{out}})}{\ln\left(\frac{(T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}})}{(T_{h,\text{out}} - T_{c,\text{out}})}\right)}$$

Contoh:

Percobaan 1, menit 30. Diketahui : $T_{h,\text{in}} = 86,58^{\circ}\text{C}$

$$T_{h,\text{out}} = 35,08^{\circ}\text{C}$$

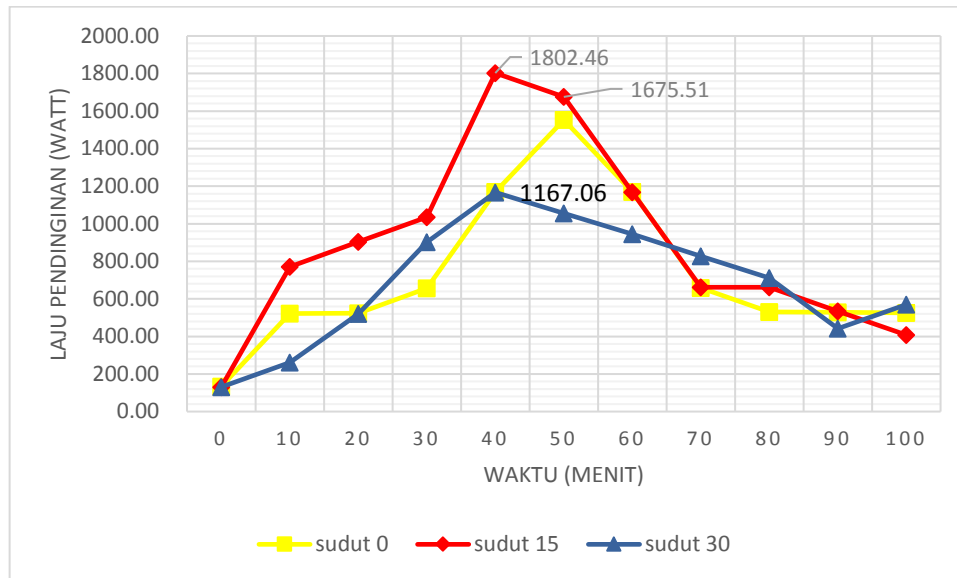
$$T_{c,\text{in}} = 28,20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{c,\text{out}} = 28,51^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{LMTD}_{\text{PF}} &= \frac{(86,58 - 28,20) - (35,08 - 28,51)}{\ln\left(\frac{(86,58 - 28,20)}{(35,08 - 28,51)}\right)} \\ &= \frac{(58,38 - 6,57)}{\ln\left(\frac{58,38}{6,57}\right)} \\ &= 23,72 \end{aligned}$$

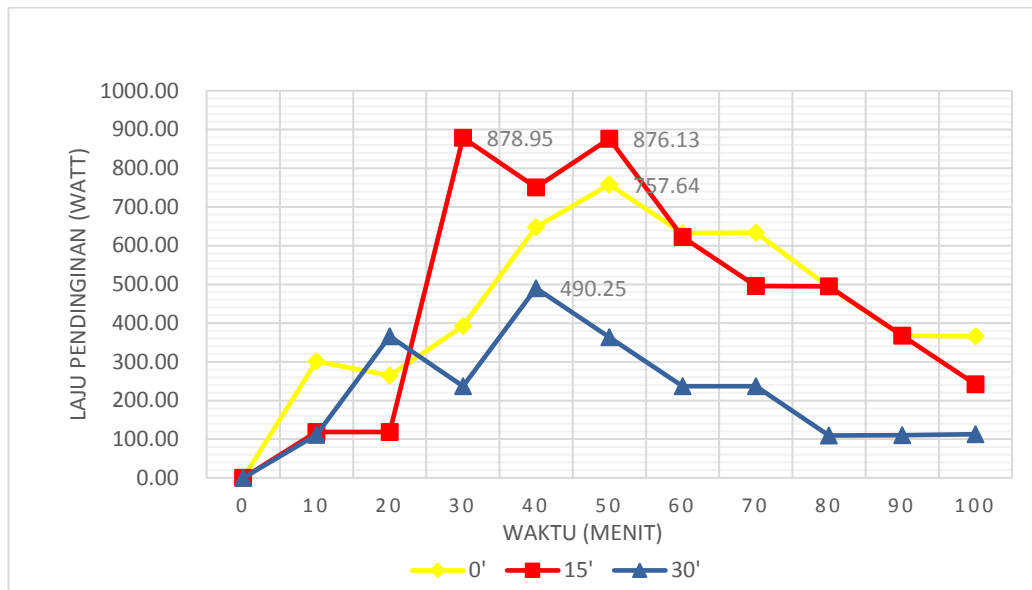
Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan aliran *counter flow* lebih baik dari aliran *parallel flow* karena nilai catu kalor yang

didapat lebih besar sehingga laju pendinginan yang terjadi lebih tinggi dan minyak dihasilkan juga lebih banyak.



Gambar 4.2 Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan gambar grafik 4.2 di atas yang menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut 15° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 1802,46 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 1552,94 Watt. Percobaan dengan sudut 30° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 1167,06 Watt. Perbedaan titik puncak perpindahan kalor ini dikarenakan sudut yang berbeda. Pada percobaan dengan sudut 0° asap yang mengalir ke kondensor lambat sehingga asap akan mengondensat di pipa-pipa tembaga dan menghalangi air pendingin ketika mengalir mendinginkan pipa. Berbeda dengan percobaan dengan sudut 15° . Asap mengalir lancar dan ketika sudah menjadi minyak akan langsung mengalir turun ke tempat penampung minyak. Perpindahan kalor dari asap yang mengalir melewati pipa tembaga dengan air menjadi lebih baik. Sedangkan pada percobaan dengan sudut 30° asap yang mengalir melalui pipa berjalan terlalu cepat, sehingga ada asap yang belum sepenuhnya terkondensasi langsung keluar tanpa menjadi minyak.



Gambar 4.3 Grafik Nilai Laju Pendinginan (Wijaya, 2017)

Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut 15° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 878,95 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 757.64 Watt. Dan percobaan dengan sudut 30° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 409,25 Watt.

4.5. Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu terhadap Bahan Pada Sudut Pengujian

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan sisa plastik yang menjadi abu seperti pada gambar 4.7.

Tabel 4.7 Persentase Hasil Minyak, Sisa Abu dan Gas

| Sudut Kondensor | Plastik (gr) | Minyak (gr) | Abu (gr) | Persentase Minyak (%) | Persentase Abu (%) | Persentase Gas (%) |
|-----------------|--------------|-------------|----------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 0° | 1000 | 428 | 169,9 | 42,8 | 16,99 | 40,21 |
| 15° | 1000 | 516 | 145,9 | 51,6 | 14,59 | 33,81 |
| 30° | 1000 | 407 | 173,6 | 40,7 | 17,36 | 41,94 |

Penelitian ini menggunakan konfigurasi aliran *counter flow* dan dilakukan pengisolasian pada kondensor. Pada sudut 0° minyak yang dihasilkan mencapai 42,8 % dari 1 kg plastik yang dibakar hanya tersisa abu sebanyak 16,9 % dari

plastik. Pada sudut 15° minyak yang dihasilkan mencapai 51,6% sisa abu sebanyak 14,6% dan pada sudut 30° minyak yang dihasilkan sebanyak 40,7% dan sisa abu lebih banyak yaitu 42% dari bahan plastik yang dibakar.

4.6. Korelasi Hasil Minyak terhadap Bahan Bakar yang Terpakai

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan bahan bakar yang dipakai selama percobaan.

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

$$\eta = \frac{m_{MP} \times nk_{MP}}{m_{LPG} \times nk_{LPG}}$$

Keterangan:

η = Efisiensi bahan bakar (%)

m_{MP} = Massa minyak pirolisis (gram)

m_{LPG} = Massa gas LPG (gram)

nk_{MP} = Nilai kalor minyak (Cal/g), didapat dari hasil uji kalor minyak plastik LDPE hasil pirolisis sebesar 10898,06 Cal/g

nk_{LPG} = 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 : $m_{MP} = 428$ gram

$m_{LPG} = 1340$ gram

$nk_{MP} = 10898,06$ Cal/g

$nk_{LPG} = 11666,67$ Cal/g

$$\eta = \frac{m_{MP} \times nk_{MP}}{m_{LPG} \times nk_{LPG}}$$

$$\eta = \frac{428 \times 10898,06}{1340 \times 11666,67}$$

$$= 0,2983 \times 100\%$$

$$\eta = 29,83\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 15°

Diketahui : $m_{MP} = 516$ gram

$m_{LPG} = 166$ gram

$nc_{MP} = 10898,06$ Cal/g

$nc_{LPG} = 11666,67$ Cal/g

$$\eta = \frac{m_{MP} \times nk_{MP}}{m_{LPG} \times nk_{LPG}}$$

$$\eta = \frac{516 \times 10898,06}{1340 \times 11666,67}$$

$$= 0,3597 \times 100\%$$

$$\eta = 35,97\%$$

Efisiensi bahan bakar pada percobaan sudut 30°

Diketahui : $m_{MP} = 407$ gram

$m_{LPG} = 1340$ gram

$nc_{MP} = 10898,06$ Cal/g

$nc_{LPG} = 11666,67$ Cal/g

$$\eta = \frac{m_{MP} \times nk_{MP}}{m_{LPG} \times nk_{LPG}}$$

$$\eta = \frac{407 \times 10898,06}{1340 \times 11666,67}$$

$$= 0,2837 \times 100\%$$

$$= 28,37\%$$

Tabel 4.8 Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar yang Terpakai dengan Penelitian (Wijaya, 2017)

| Sudut (°) | Penelitian | | | | Penelitian Wijaya | | | |
|--------------|----------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | Hasil Minyak | | Bahan Bakar Terpakai (gr) | Efisiensi Bahan Bakar (%) | Hasil Minyak | | Bahan Bakar Terpakai (gr) | Efisiensi Bahan Bakar (%) |
| | Volume (ml) | Massa (gr) | | | Volume (ml) | Massa (gr) | | |
| 0 | 580 | 428 | 1340 | 29,83 | 540 | 414 | 1440 | 26,43 |
| 15 | 690 | 516 | 1340 | 35,97 | 590 | 451 | 1430 | 28,21 |
| 30 | 540 | 407 | 1340 | 28,37 | 520 | 392 | 1470 | 25,20 |

Tabel 4.8 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengisolasian pada reaktor dapat meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar. Selanjutnya untuk mengetahui nilai ekonomis dari hasil minyak pirolisis dengan bahan bakar yang digunakan maka dilakukan perhitungan nilai ekonomisnya.

Untuk mengetahui penggunaan bahan bakar atau minyak pirolisis yang digunakan dapat dihitung dengan perhitungan.

$$\text{Harga per kilo joule} = \frac{\text{harga}}{\text{nilai ekonomis}}$$

$$E_{\text{LPG}} = \text{Nilai ekonomis LPG}$$

$$E_{\text{MP}} = \text{Nilai ekonomis LPG}$$

$$m_{\text{LPG}} = \text{Massa gas LPG (kg)}$$

$$m_{\text{MP}} = \text{Massa minyak (kg)}$$

$$n_{\text{KM}} = \text{Nilai kalor minyak (Cal/g), didapat dari hasil uji kalor minyak plastik LDPE hasil pirolisis sebesar 10898,06 Cal/g} = 45627.997537 \text{ kJ/kg}$$

$$n_{\text{CLPG}} = \text{Nilai kalor gas LPG (Cal/g), didapat dari standar gas LPG Pertamina sebesar 11666,67 Cal/g} = 48846.01388 \text{ kJ/kg}$$

Ditanyakan:

1. Harga LPG per kilo Joule?
2. Harga minyak hasil pirolisis per kilo kilo Joule?

1. Harga LPG per kilo joule

Harga LPG 3 kg = Rp 20.000,00

$$\begin{aligned} E_{\text{LPG}} &= n_{\text{C}_{\text{LPG}}} \times m_{\text{LPG}} \\ &= 48846,013 \text{ kJ/kg} \times 3 \text{ kg} \\ &= 146.538,03 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Harga 3 kg LPG = Rp 20.000,00

Ditanya harga LPG per kilo joule....?

$$\begin{aligned} \text{Harga per KJ} &= \frac{\text{Rp } 20.000}{146.538,03 \text{ kJ}} \\ &= \text{Rp } 0,1365 /\text{kJ} \end{aligned}$$

Jadi harga LPG per kilo joule yaitu.

2. Harga minyak hasil pirolisis per kilo joule

Harga Minyak Pirolisis = Rp 5.150 Rp 0,1365,00

Hasil minyak pirolisis satu kali percobaan = 690 ml

Konsumsi LPG satu kali percobaan = 1,34 kg

$$\begin{aligned} \text{Untuk 1 kg LPG} &= \frac{690 \text{ ml}}{1,34 \text{ kg}} \\ &= 514,92 \text{ ml} \\ &= 0,51492 \ell \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga MP} &= \text{Rp } 5150,00 \times 0,51492 \ell \\ &= \text{Rp } 2641,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{MP}} &= V \times \rho \\ &= 0,51492 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 764 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,394 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi untuk 1 kg LPG menghasilkan minyak sebanyak 0,394 kg.

$$\begin{aligned} E_{\text{LPG}} &= n_{\text{KMP}} \times m_{\text{MP}} \\ &= 45627,99 \text{ kJ/kg} \times 0,394 \text{ k} \\ &= 1797,82 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka harga per kilo joulenya} &= \frac{\text{Harga MP}}{\text{ELPG}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 261,54}{1797,82 \text{ kJ}} \\
 &= \text{Rp } 0,1458 /\text{kJ}
 \end{aligned}$$

Jadi harga Minyak pirolisis per kilo Joule yaitu Rp 0,1458.

Jadi harga minyak per kilo joule sebesar Rp 34.905,417

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai ekonomis dari gas LPG lebih rendah dari minyak pirolisis yaitu Rp 0,1365 per kilo Joule sedangkan minyak pirolisis yaitu Rp 0,1458 per kilo Joule . Maka jika minyak pirolisis ini dikembangkan lebih jauh lagi kurang efisien pada bahan bakar yang digunakan pada penelitian pirolisis karena pemakaian LPG tidak sebanding dengan minyak pirolisis yang dihasilkan.

4.7. Karakteristik Hasil

Setelah dilakukan penelitian terhadap minyak hasil pirolisis plastik LDPE diperoleh beberapa karakteristik.

Tabel 4.9 Perbandingan Karakteristik Hasil Minyak Plastik dengan Penelitian (Wijaya, 2017)

| No | Parameter | Nilai | |
|----|-------------|------------------------|--------------------------|
| | | Penelitian | Penelitian Wijaya |
| 1 | Densitas | 0,765 gr/ml | 0,774 gr/ml |
| 2 | Viskositas | 3,1 mm ² /s | 3-3,2 mm ² /s |
| 3 | Nilai kalor | 10.898,06 Cal/gr | 10.727,59 Cal/gr |
| 4 | flash point | 32-35 °C | 33-37°C |

Jika dibandingkan dengan penelitian (Wijaya, 2017) karakteristik minyak hasil pirolisis yang didapat tidak jauh berbeda karena bahan yang digunakan sama yaitu sampah plastik LDPE.

Tabel 4.10 Perbandingan Karakteristik BBM

| No | Karakteristik | Minyak Pirolisis | Minyak Tanah | Solar | Premium |
|----|---------------------------------|------------------|--------------|-----------|-----------|
| 1 | Viskositas (mm ² /s) | 3,1 | 1,4 | 2 - 5 | 0,8 |
| 2 | Densitas (kg/m ³) | 765 | 800 | 815 - 870 | 680 |
| 3 | Nilai kalor (cal/gr) | 10.898,06 | 10.748 | 9.240 | 11.414,45 |
| 4 | Flash point (°C) | 33-35 | 43 - 45 | 60 | 38-72 |

Dari Tabel 4.10 dapat diamati bahwa karakteristik minyak plastik hasil pirolisis mendekati premium dan solar. Jika minyak pirolisis dijadikan bio premium viskositas dari minyak pirolisis terlalu tinggi. Maka jika viskositas terlalu berdampak pada sistem korbursasi pada kendaraan. Saat karburasi atau pengkabutan bahan bakar memiliki nilai viskositas yang tinggi maka bahan bakar akan susah menjadi butiran - butiran kecil sehingga laju kendaraan menjadi tidak lembut. Sedangkan jika minyak pirolisis dijadikan bio solar akan mempengaruhi kompresi pada ruang bakar karena nilai *flash point* terlalu rendah. *Flash point* yang terlalu rendah mengakibatkan bahan bakar menyala terlalu cepat sehingga langkah kompresi menjadi lebih cepat dan bahan bakar menjadi boros. Maka atas dasar perbandingan tersebut minyak pirolisis lebih baik dijadikan biosolor karena dampaknya tidak sebesar jika dijadikan bio premium.

4.8. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah perbandingan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang mencakup bahan, suhu, waktu, hasil dan konsumsi bahan bakar.

Perbandingan antara penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Perbandingan dengan penelitian lain

| Peneliti | Bahan | Suhu | Waktu | Hasil |
|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Sudut 0° Sudut 15° Sudut 30° | 1 kg LDPE | 300 °C - 350 °C | 100 menit | 580 ml 690 ml 540 ml |
| Kadir | 500 (PP) 500 (HDPE) 500 (PET) | 300 °C 415 °C 400 °C | - | 484 403 447 |
| Gaurav dkk. | 300 gr PP + 300 gr LDPE | 300 °C -500 °C | - | 90 % minyak 4% abu |
| Sigit Haryadi | 500 gr HDPE | 300 °C | 17,5 menit | 400 ml |
| Nurdianto | 1 Kg botol plastik | 200 °C | - | 250 ml |