

# PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR (0°, 15°, DAN 30°) TERHADAP HASIL PIROLISIS LIMBAH BAN LUAR SEPEDA MOTOR DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 18 LPM

**Rizal Permadi Sanantria**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Email : Rizalpermadi663@gmail.com

---

## INTISARI

Berkembangnya dunia industri penggunaan karet pada saat ini semakin tinggi menjadikan limbah ban sepeda motor bekas menjadi yang sangat lazim dan merupakan limbah padat berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan ban bekas ditempat pembuangan akan menjadikan masalah besar karena ban bekas yang dibuang akan memenuhi ruang pembuangan tersebut dapat menjadi sarang nyamuk dan menjadi timbulnya sumber penyakit. Ban mempunyai struktur kompleks yang membuat sangat sulit didaur ulang karena ban bekas sangat sulit untuk diurai oleh bakteri atau struktur mikrobiologi. Sebagai upaya untuk turut menanggulangi masalah limbah ban bekas maka dilakukan penelitian mengkonversi limbah ban bekas secara pirolisis untuk mendapatkan minyak yang di manfaatkan untuk bahan bakar.

Dalam penelitian ini bahan utama yang digunakan berupa limbah ban luar sepeda motor sebanyak 3 kg. Pada setiap percobaan ban luar sepeda motor dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 16 x 5 cm. pengujian limbah ban luar sepeda motor dengan temperatur pemanas sebesar 300-350°C yang dihasilkan dari kompor dengan bahan bakar gas LPG 3 kg waktu yang digunakan pada setiap percobaan adalah 100 menit. Debit air pendingin sebesar 18 LPM, Variasi sudut yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0°, 15°, dan 30°.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan kalor tertinggi diperoleh pada sudut 30° sebesar 451,44 Watt, setelah itu sudut 15° sebesar 413,82 Watt dan sudut 0° sebesar 401,28 Watt. Pada sudut 30° sebanyak 386 ml minyak dengan berat abu sisa pembakaran 399 g, sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 376 ml dengan berat abu 383 g, dan sudut 0° menghasilkan minyak sebanyak 359ml dengan berat abu sebanyak 367 g. Karakteristik minyak ban hasil pirolisis didapat dengan nilai densitas sebesar 0,913 gr/ml, nilai viskositas sebesar 5,07-5,57 mPa.s, nilai kalor sebesar 9654,98 Cal/g, dan *flash point* sebesar 56-61 °C.

**Kata Kunci: Pirolisis, Limbah Ban, Sudut Kemiringan Kondensor, Laju Perpindahan Kalor, Karakteristik Minyak**

---

## 1. PENDAHULUAN

Berkembangnya dunia industri penggunaan karet pada saat ini semakin tinggi menjadikan limbah ban bekas menjadi yang sangat lazim dan merupakan limbah padat berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan ban bekas ditempat pembuangan akan menjadikan masalah besar karena ban bekas yang dibuang akan memenuhi ruangan pembuangan tersebut..

Salah satu cara untuk menangani limbah ban bekas yang memiliki nilai tambah adalah mendegradasi secara panas (*thermal*) melalui proses pirolisis. Pada dasarnya proses pirolisis merupakan proses perusakan (*destructive*) pada suatu bahan (*mass*) dengan menggunakan panas (*thermal*) yang dilakukan dalam keadaan tanpa oksigen atau minim oksigen dengan kata lain proses degradasi thermal dengan sedikit atau tanpa oksigen (Wojtowicz, 19996).

Sebagai upaya untuk turut menanggulangi masalah limbah ban bekas maka dilakukan penelitian mengkonversi limbah ban bekas secara pirolisis untuk mendapatkan minyak yang di manfaatkan untuk bahan bakar. Penelitian ini dilakukan untuk apakah hasil pirolisis limbah ban dapat sebagai bahan bakar dengan mengetahui kandungan hasil minyak pirolisis tersebut dengan dilakukan pengujian flashpoint, destilasi, viskositas, untuk mengetahui kandungan dari minyak tersebut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode pirolisis merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan limbah, salah satunya limbah ban. Penelitian yang dilakukan dengan metode pirolisis dapat dilakukan dengan alat dan variabel yang bervariasi atau beragam pada setiap penelitian.

Pada penelitian Hasyim (2017) dengan variasi temperatur 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C di dalam reaktor selama 60 menit. Bahan baku yang digunakan dengan perbandingan 2,5 kg ban bekas dan 2,5 kg serabut kelapa sawit menghasilkan minyak terendah pada suhu 250°C sebanyak 120 ml, sedangkan hasil minyak terbanyak didapat pada suhu 450°C yaitu 220 ml. Karakteristik minyak hasil yang paling optimal pada penelitian ini didapat pada suhu 350°C dengan nilai viskositas 33 mpa.s, nilai densitas 790 kg/m<sup>3</sup>, dan *flash point* 30°C.

Penelitian Andriyanto (2017) ini menggunakan bahan baku sampah plastik LDPE yang dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Alat pirolisis pada penelitian ini menggunakan variasi kemiringan kondensor terhadap reaktor yaitu 0°, 15°, 30° dan debit air pendingin untuk kondensor 6 LPM. Penelitian ini dilakukan selama 100 menit dimana waktu paling efisien untuk proses pirolisis sampah plastik LDPE terjadi pada menit ke-20 sampai menit ke-50. Hasil variasi sudut kemiringan kondensor, diperoleh minyak hasil sebanyak 600 ml dengan sisa abu 117 g pada sudut kemiringan kondensor 0°, untuk sudut 15° memperoleh minyak sebanyak 560 ml dengan sisa abu 160 g, dan sudut 30° mendapatkan hasil minyak sebanyak 500 ml dengan sisa abu 262 g. Penelitian (Andriyanto, 2017) menggunakan bahan baku sampah plastik LDPE dengan total 3 kg dimana setiap percobaan menggunakan 1 kg sampah plastik LDPE yang dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Alat pirolisis pada penelitian ini menggunakan variasi kemiringan kondensor terhadap reaktor yaitu 0°, 15°, 30° dan debit air pendingin untuk kondensor 6 LPM. Dalam penelitian ini waktu percobaan dilakukan selama 100 menit dimana waktu yang paling efisien untuk proses pirolisis sampah plastik LDPE terjadi pada menit ke-20 sampai menit ke-50. Dari hasil variasi sudut kemiringan kondensor, diperoleh minyak hasil sebanyak 600 ml dengan sisa abu 117 gr pada sudut kemiringan kondensor 0°,

untuk sudut 15° memperoleh minyak sebanyak 560 ml dengan sisa abu 160 gr, dan sudut 30° mendapatkan hasil minyak 500 ml dengan sisa abu 262 gr.

Penelitian Mukharomah (2017) ini menggunakan bahan ban bekas yang dipotong berukuran 1x1 cm dan serbuk katalis zeolite. Proses pirolisis menggunakan variasi suhu 250°C, 300°C, dan 350°C di dalam reactor dengan tekanan 1 atmosfer selama kurun waktu 60 menit, suhu kondensor dibuat konstan 26°C. Pada penelitian ini minyak yang dihasilkan banyak pada suhu 350°C sebanyak 190 ml untuk ban murni, sedangkan ban dengan campuran katalis menghasilkan minyak sebanyak 165 ml.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan limbah ban luar sepeda motor yang telah dipotong-potong dengan dimensi 16x5 cm yang sudah dicuci dan dikeringkan.



Gambar 1 Bahan limbah ban sepeda motor.

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah alat pirolisis sederhana berbahan bakar gas LPG dan berpendingin air. Alat pirolisis ini dilengkapi dengan adanya kondensor yang bisa di atur kemiringannya mulai dari sudut 0°, 15°, dan 30°. sehingga dapat diketahui pengaruhnya ketika proses pirolisis limbah ban dengan debit air pendingin 18 LPM dilakukan. Alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. alat pirolisis

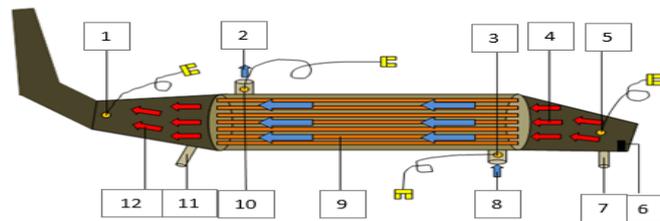
Keterangan gambar :

1. *Termo reader.*
2. *Flow meter.*
3. Radiator.
4. Pipa air pendingin.
5. Pompa air.
6. Gas LPG 3 kg.
7. Kompor.
8. Gelas ukur.

9. Tangki penampungan air pendingin.
10. Reaktor.
11. Selang air pendingin.
12. Rangka.
13. Kondensor.

Simbol  $\alpha$  adalah sudut kemiringan kondensor yang terdiri dari 3 variasi sudut yaitu sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $30^\circ$  yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Kondensor yang digunakan pada alat pirolisis memiliki diameter 20 cm dengan panjang 50 cm. didalam kondensor terdapat 18 pipa tembaga berdiameter 0,9 cm. pipa tembaga yang berada di dalam kondensor berfungsi untuk lewatnya fluida gas (asap) dari reaktor. Di dalam kondensor pipa-pipa tembaga diselimuti oleh alir yang bersirkulasi dengan bantuan pompa. Aliran yang dipakai untuk proses kondensasi di kondensor yaitu aliran jenis *parallel flow*. Pada penelitian sudut kondensor yang digunakan bervariasi, dapat dilihat pada Gambar 3.

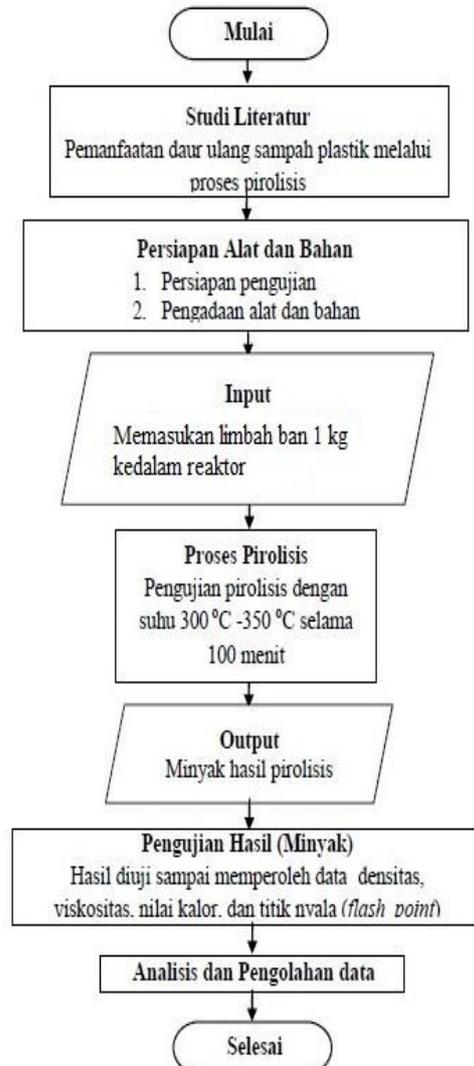


Gambar 3. Sketsa alat kondensor

Keterangan gambar :

1. T4
2. Lubang keluar air pendingin
3. T2
4. Aliran asap masuk
5. T1
6. Penghenti jalur minyak
7. Lubang keluar minyak
8. Lubang masuk air pendingin
9. Pipa tembaga
10. T3
11. Lubang keluar minyak
12. Aliran asap keluar

### 3.1 PROSES PENELITIAN

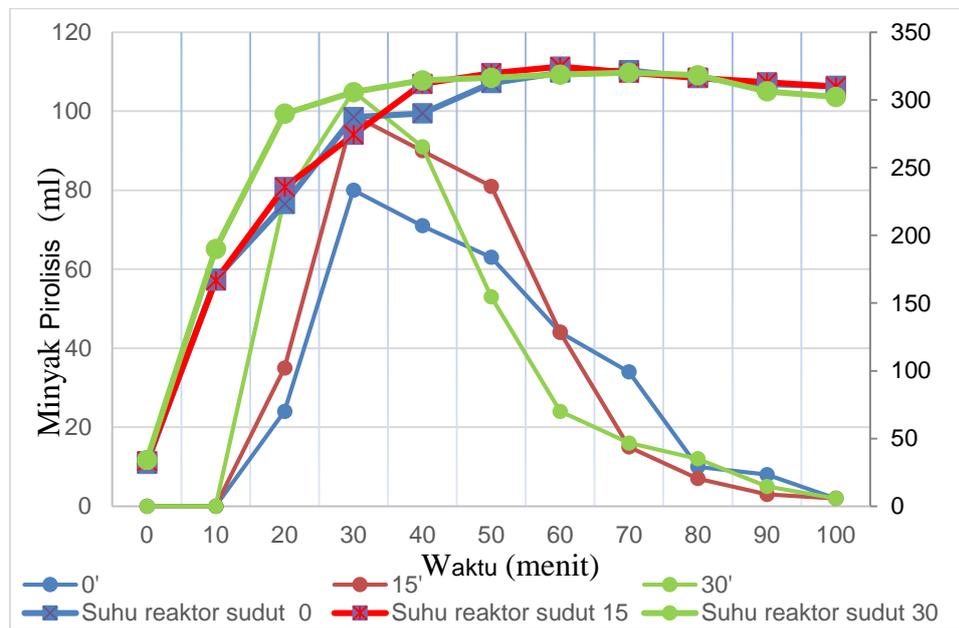


Gambar 4. Diagram alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Korelasi Waktu Terhadap Hasil 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.



Gambar 5. Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Pada percobaan sudut 0° kenaikan yang paling signifikan yaitu pada menit 20 sampai menit 30. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit 40 yang menjadi titik puncak pirolisis. Setelah menit ke-40 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor sebagian sudah menjadi abu.

Pada sudut 15° kenaikan yang paling signifikan yaitu menit 20 sampai menit 30, hasilnya yaitu 50 ml. Puncak produksi minyak terjadi di menit 50 dengan minyak 130 ml. Setelah menit 50 hasil minyak kemudian terus menurun sampai menit 100.

Pada sudut 30° kenaikan yang paling signifikan yaitu pada menit 30 sampai menit 40. Percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak yang konstan dan paling optimal dari ketiga variasi sudut. Hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor ke penampungan minyak.

#### 4.2. 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*:

$$q = m \cdot c (T_3 - T_2)$$

Keterangan :

q = Perpindahan kalor

ṁ = 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)

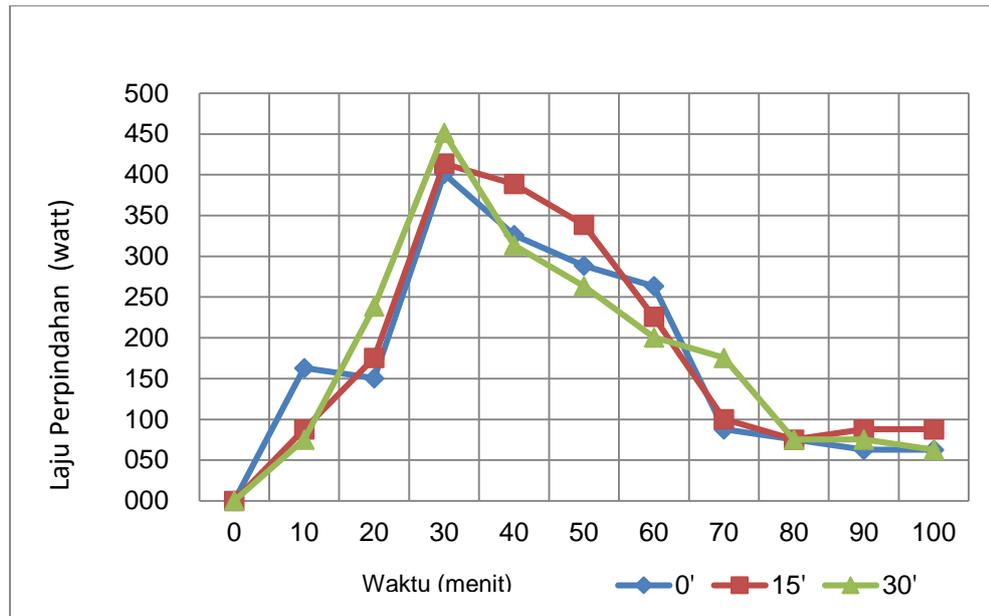
Contoh :

Percobaan 3, menit 30. Diketahui :  $m = 0,3 \text{ kg/s}$   
 $c = 4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 32,53^\circ\text{C}$   
 $T_3 = 32,89^\circ\text{C}$

$$q = \dot{m} \cdot c \cdot (T_3 - T_2)$$

$$= 0,3 \text{ kg/s} \cdot 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} \cdot (32,89 - 32,53)^\circ\text{C}$$

$$= 451,44 \text{ Watt}$$

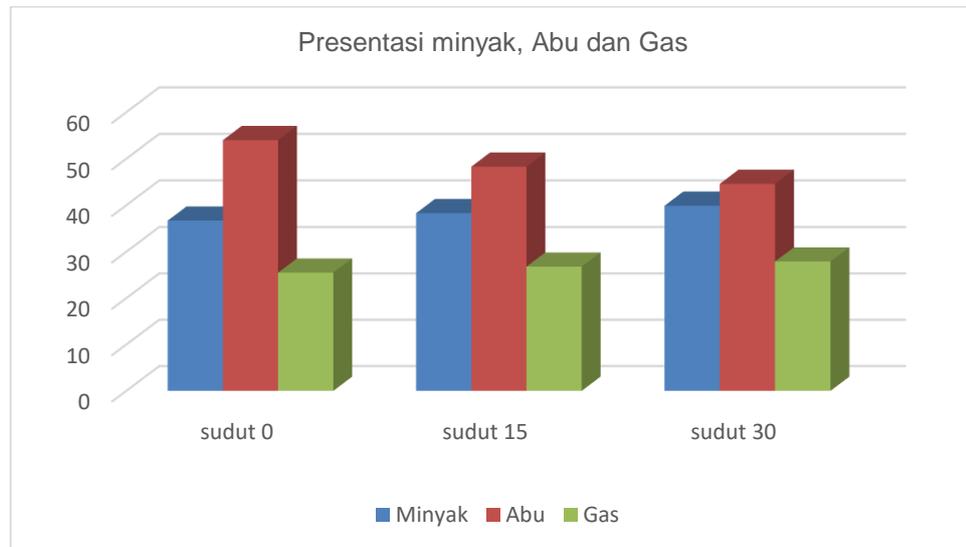


Gambar 6. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan menggunakan teori rumus yang sudah ada seperti contoh di atas, maka didapat grafik seperti pada Gambar 6. Dari gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa titik puncak nilai laju perpindahan panas yang tertinggi terjadi pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensor 30° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalornya yaitu sebesar 451,44 Watt dimenit ke 30. Sedangkan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor 15° titik perpindahan kalor tertinggi yaitu sebesar 413,82 Watt dan untuk percobaan dengan sudut kemiringan kondensor 0° titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 401,28 Watt.

#### 4.3. Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu Terhadap Bahan Pada 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 7



Gambar 7 Grafik persentase minyak dan sisa abu dari setiap percobaan

Hal ini menunjukkan bahwa sistem pada alat pirolisis yang digunakan berjalan dengan baik karena asap yang dihasilkan lebih banyak menjadi minyak dan tidak terbang 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.

#### 4.5. Karakteristik Hasil Minyak

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 1.

Tabel 2 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	Flash Point (°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 2.

#### 4.6. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 2 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 2. 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 3.

Tabel 3 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 3 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 9654,98 Cal/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.

## 5. KESIMPULAN

- a. Hasil minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut kondensor 30° yang menghasilkan minyak ban sebanyak 386 ml dengan berat abu dan kawat sisa pembakaran sebanyak 399 g, kemudian percobaan selanjutnya dengan sudut 15° menghasilkan minyak ban sebanyak 376 ml dengan berat abu dan kawat sisa pembakaran sebanyak 383 g, dan hasil minyak terendah didapat pada percobaan dengan sudut kondensor 0° menghasilkan minyak ban sebanyak 359 ml dengan berat abu dan kawat sisa pembakaran sebanyak 363 g.
- b. Persentase hasil minyak tertinggi didapat pada percobaan sudut kondensor dengan kemiringan 30° sebesar (31,5)% minyak dan (40,6)% abu. Sedangkan pada percobaan 15° mendapatkan (30,2)% minyak dan (43)% abu, dan pada percobaan sudut 0° mendapatkan (28)% minyak dan (46,5)% abu.
- c. Nilai perpindahan kalor yang tertinggi didapat pada percobaan sudut kemiringan kondensor 30° dengan nilai laju perpindahan kalor sebesar (451,44) Watt., kemudian pada sudut kondensor 15° dengan nilai laju perpindahan kalornya sebesar (413,82) Watt, dan laju perpindahan kalor terendah didapat pada sudut kondensor 0° dengan nilai laju perpindahan kalornya sebesar (401,28) Watt.
- d. Karakteristik minyak ban yang didapat dari hasil pirolisis setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai densitas sebesar 0,913 gr/ml, nilai viskositas sebesar 5,07-5,57 mPa.s, nilai kalor sebesar 9654,98 Cal/g. Karakteristik minyak limbah ban luar sepeda motor hasil pirolisis mendekati angka karakteristik BBM yang ada dipasaran. Dilihat dari nilai kalor yang mencapai angka 9654,98 Cal/g dan *flash point* sebesar 56-61 °C yang termasuk dalam bahan bakar minyak dengan kualitas tinggi seperti solar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Muhamad. 2017. *Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor (0°, 15°, 30°) terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE Pada Debit Air Pendingin 6 LPM*. Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Bridgwater, A.V. 2003. *Renewable Fuels and Chemicals By Thermal Processing Of Biomass*. Chemical Engineering Journal, 91, 87-102.
- Cengel, Yunus A. 2003. *Heat Transfer a Practical Approach*. New York: Mc Graw Hill.

- Damayanthi, Reska dan Martini, Retno. 2009. *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit Y dan ZSM-5*. Semarang: Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Dermanto, Lukman. 2008. *Studi Koparasi Kinerja Mesin Berbahan Bakar Solar dan CPO Tanpa Pemanasan Awal*. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Falaah, Asron.F dan Cifriadi, Adi. 2012. *Pemanfaatan Limbah Ban Bekas dengan Menggunakan Teknologi Pirolisis*. Bogor: Warta Perkaretan. Vol.31, No.2:103-107.
- Galvagno, S dkk. 2002. *Pyrolysis Process For The Treatment of Scrap Tyres: Preliminary Experimental Results*. Waste Management, 22, 917-923.
- Goyal, H.B. 2008. *Bio-Fuels From Thermochemical Conversion of Renewable Resources: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 504-517.
- Hasyim, Nur. 2017. *Analisa Bahan Bakar Alternatif Ban Bekas dan Serabut Kelapasawit pada Proses Pirolisis*. Kediri: Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri. Vol.01, No.03:1-8.
- Hossain, M. S dkk. 2017. *Biofuel From Co-Pyrolysis of Solid Tire Waste and Rice Husk*. Energy Procedia, 110, 453-458.
- Hutomo, Sri Gati dan Winarno, Joko. 2015. *Studi Karakteristik Dekomposisi Termal Temperatur Tinggi Ban Bekas Untuk Mendapatkan Bahan Bakar Gas Alternatif*. Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Janabadra. Vol.5, No.1:40-46.
- Kuncahyo, Priyohadi dkk. 2013. *Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel Di Indonesia*. Surabaya Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Vol.2, No.1:62-66.
- Kuncoro, A dkk. 2016. *LPG Sebagai Energi Alternatif untuk Bahan Bakar Dual-Fuel Mesin Diesel Kapal Nelayan Tradisional*. Jakarta: Seminar Nasional Sains dan Teknologi. e-ISSN: 2460-8416.
- Nieves, eddie N. Laboy. 2014. *Energy Recovery From Scrap Tires: A Sustainable Option For Small Island Like Puerto Rico*. Sustainability, 6, 3105-3121.
- Mukharomah, Lia Fatul. 2017. *Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Pirolisis pada Ban Bekas Murni dan Ban Bekas dengan Katalis*. Kediri: Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri. Vol.01, No.02:1-8.
- Nabi, A.S.M. Rezaun dkk. 2014. *Purification Of TPO (Tire Pyrolytic Oil) and Its Use In Diesel Engine*. Journal of Engineering. Vol.04, Issue.03:1-8.