

# PIROLISIS SAMPAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DENGAN PENAMBAHAN SAMPAH RANTING

Fira Laras Savira dan Okik Hendriyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [firalarassavira@gmail.com](mailto:firalarassavira@gmail.com)

## ABSTRAK

*Tingkat konsumsi masyarakat terhadap barang berbahan plastik semakin meningkat menyebabkan semakin banyaknya timbunan sampah plastik. Pengolahan sampah ranting yang kurang efisien menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Adanya pengolahan sampah plastik dan ranting secara benar dapat mengurangi timbunan sampah yang semakin meningkat. Salah satu metode pengolahan sampah yang telah dikembangkan yaitu metode pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan hasil pirolisis sebagai bahan bakar alternatif. Pada penelitian ini menggunakan proses thermal cracking. Variabel yang digunakan yaitu jenis sampah plastik dan sampah ranting dengan variasi komposisi 100:0, 75:25, 50:50, 25:75. Temperatur yang digunakan pada proses pirolisis yaitu 450°C selama 10 menit. Penelitian dengan variasi komposisi sampah plastik dan sampah ranting menghasilkan asap cair, char dan lilin. Asap cair terbaik dihasilkan PP 75 g dan jambu biji sebesar 34,2 ml. Char optimum dihasilkan HDPE 75 g dan mangga 225 g sebesar 9,32%. Lilin optimum dihasilkan PP 225 g dan jambu biji 75 g sebesar 95,56%. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif ditinjau dari nilai kalorinya.*

**Kata kunci:** Sampah plastik dan ranting, Pirolisis, Bahan bakar alternatif

## ABSTRACT

*The level of consumption of goods made of plastic is increasing causing more plastic trash heap. Waste is less efficient twigs cause environmental pollution. Their processing plastic waste and twigs properly can reduce landfill waste is increasing. One method of waste treatment that has been developed is a method of pyrolysis. This research aims to use the results of pyrolysis as an alternative fuel. In this study, using a thermal cracking process. Variables used are plastic garbage and trash twigs with variations in the composition of 100: 0, 75:25, 50:50, 25:75. Temperatures used in the pyrolysis process that is 450°C for 10 minutes. Research by variations in the composition of plastic waste and garbage twigs produce liquid smoke, char and candles. Best liquid smoke produced PP 75 g and guava 34.2 ml. Char produced HDPE optimum mango 75 g and 225 g of 9.32%. Optimum wax produced PP 225 g and 75 g guava at 95.56%. Products produced from the pyrolysis process can be utilized as an alternative fuel in terms of caloric value.*

**Keywords:** Plastic waste and twigs, Pyrolysis, Alternative fuels

**PENDAHULUAN**

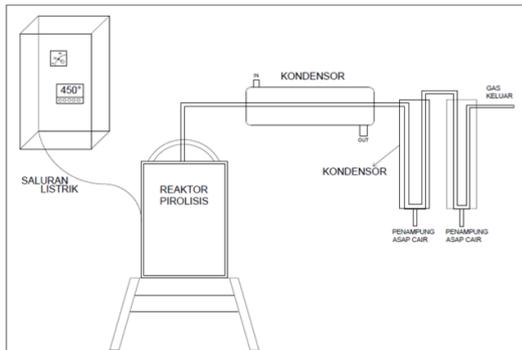
Sampah merupakan bahan yang terbuang yang tidak mempunyai nilai ekonomi serta berdampak buruk bagi lingkungan. Meningkatnya timbunan sampah plastik menjadi masalah yang memerlukan penanganan dengan baik dan benar karena sampah plastik merupakan sampah yang tidak dapat terurai oleh mikroorganisme. Pengolahan sampah ranting yang tidak efisien juga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Adanya upaya untuk mengkonversi sampah menjadi bahan bakar alternatif merupakan metode yang banyak dikembangkan saat ini. Selain dapat mengatasi masalah krisis energi yang sedang dihadapi, juga menjanjikan untuk kedepannya. Metode yang digunakan untuk mengkonversi sampah menjadi bahan bakar alternatif yaitu metode pirolisis. Menurut penelitian sebelumnya, jenis plastik yang terbaik sebagai bahan bakar alternatif yaitu PP dan HDPE serta jenis ranting yaitu ranting mangga dan jambu biji.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan pengaruh penambahan sampah ranting pada pirolisis sampah plastik dengan komposisi variasi terbaik yang akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

**METODE PENELITIAN**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik jenis PP dan HDPE dan sampah ranting pohon mangga dan jambu biji. Sebelum digunakan penelitian, sampah dijemur pada sinar matahari agar diperoleh kadar air <10%. Selanjutnya dipotong dengan ukuran <2 cm kemudian ditimbang dengan total massa 300 gram dengan perbandingan variasi 100:0, 75:25, 50:50, dan 25:75.



**Gambar -1:** Reaktor Pirolisis

Masukkan sampah plastik kering dengan perbandingan 100:0 dimana massa plastik (Mo) 300g ke dalam reaktor. Reaktor dijalankan hingga mencapai temperatur 450°C kemudian ditahan selama 10 menit disebut sebagai waktu tinggal. Selanjutnya reaktor dimatikan dan sampel dikeluarkan kemudian ditimbang untuk menentukan massa akhir (M<sub>A</sub>) dan parameter produk yang dihasilkan. Masukkan sampah plastik dan ranting dengan perbandingan 75:25, 50:50, 25:75 dimana massa total 300 gram ke dalam reaktor. Reaktor dijalankan hingga mencapai temperatur 450°C kemudian ditahan selama 10 menit disebut sebagai waktu tinggal. Selanjutnya reaktor dimatikan dan sampel dikeluarkan kemudian ditimbang untuk menentukan massa akhir (M<sub>A</sub>) dan parameter produk yang dihasilkan.

Produk terbaik yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik dan ranting selanjutnya akan dianalisa nilai kalori sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis karakteristik fisik awal menggunakan *analisis proximate* meliputi kadar air, kadar abu, dan nilai kalori.

**Tabel -1:** Hasil Analisis Awal Karakteristik Fisik Jenis Sampah

Jenis Analisis	Jenis Sampah	Parameter	Satuan	Nilai
Analisa Proximate	PP (Polyethylene)	Kadar Air	%	0,027
		Kadar Abu	%	0,077
		Volatile Solid	%	99,923
		Nilai Kalor	kal/g	11.114
	HDPE (High Density Polyethylene)	Kadar Air	%	0,053
		Kadar Abu	%	3,519
		Volatile Solid	%	96,481
		Nilai Kalori	kal/g	10.445
	Ranting pohon mangga	Kadar Air	%	9,430
		Kadar Abu	%	13,184
		Volatile Solid	%	86,815
		Nilai Kalori	kal/g	3.156
Ranting pohon jambu biji	Kadar Air	%	8,503	
	Kadar Abu	%	9,173	
	Volatile Solid	%	90,826	
	Nilai Kalori	kal/g	3.378	

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa jenis sampah plastik dan ranting memiliki kadar air <10%. PP memiliki kadar air tertinggi sebesar 0,027% dan ranting mangga memiliki kadar air sebesar 9,43%. Jadi plastik PP akan lebih cepat mengalami proses pembakaran dan penguapan pada proses pirolisis karena memiliki kadar air paling rendah sedangkan ranting mangga sebaliknya karena ranting mangga memiliki kadar air yang paling tinggi dibandingkan sampah jenis lainnya.

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa plastik PP memiliki kadar abu terendah sebesar 0,077%. Hal tersebut disebabkan karena PP dapat terdekomposisi pada suhu >300°C (*Indian Oil*). Jenis ranting mangga memiliki kadar abu sebesar 13,184%. Semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap char yang dihasilkan pada proses pirolisis karena semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka semakin mempercepat proses pembakaran.

Nilai kalori tertinggi yaitu pada plastik PP sebesar 11.114 kal/g dan nilai kalori terendah pada ranting mangga yaitu sebesar 3.156 kal/g. Plastik PP mempunyai panas yang tinggi. Semakin besar nilai kalor dari suatu bahan menunjukkan semakin besar pula energi panas yang dapat dilepaskan untuk melakukan proses pembakaran maupun pemindahan kalor (Muhdhor, dkk., 2013).

**PIROLISIS BAHAN UJI PLASTIK**

Pengaruh jenis plastik terhadap parameter produk pirolisis dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

**Tabel -2:** Pengaruh Jenis Plastik Terhadap Parameter Produk Pirolisis

No.	Bahan Uji	Parameter	Hasil Uji
1.	Plastik PP ( <i>Polypropylene</i> )	Massa awal (g)	300
		Massa akhir (g)	294,62
		Penurunan Massa (g)	5,38
		Padatan Tersisa (%)	98,20
		Padatan berupa lilin (%)	98,08
		Char (%)	0,12
2.	Plastik HDPE ( <i>High Density Polyethylene</i> )	Massa awal (g)	300
		Massa akhir (g)	296,17
		Penurunan Massa (g)	3,83
		Padatan Tersisa (%)	98,72
		Padatan berupa lilin (%)	96,01
		Char (%)	2,71

Dari tabel 2 diperoleh bahwa pada pirolisis sampah plastik mengalami penurunan massa jika ditinjau dari massa awal dan akhir mengalami perubahan yaitu PP menjadi 294,62 gram dan HDPE menjadi 296,17 gram dari massa awal sebesar 300 gram. Penurunan massa plastik PP lebih tinggi dibandingkan plastik HDPE sebesar 5,38 gram. Hal tersebut disebabkan karena PP memiliki kadar air lebih rendah yang mempercepat pembakaran.

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa plastik HDPE menghasilkan padatan lilin sebesar 96,01% dan plastik PP menghasilkan padatan lilin sebesar 98,08%. PP menghasilkan padatan lilin yang lebih tinggi dibandingkan HDPE karena PP memiliki nilai kalori yang

lebih tinggi jika dibandingkan HDPE maka pembakaran yang terjadi lebih cepat dan lebih banyak menghasilkan padatan lilin serta disebabkan karena PP lebih didominasi oleh kandungan TPA (*Terephthalic Acid*) jika dibandingkan HDPE yang lebih rendah kandungannya. Pada temperatur tinggi, TPA akan terdekomposisi menjadi *benzene*, CO<sub>2</sub>, dan *benzoic acid*. TPA yang terkandung dari PP dan HDPE bersifat menyublim artinya molekul dari isomer TPA yang terbakar menjadi gas akan mengalami pengkristalan di dalam reaktor yang membentuk padatan berupa wax dan gas sisanya secara cepat teralirkan membentuk CO<sub>2</sub>, CO, dan CH<sub>4</sub> (Scheirs, 2006).

Plastik HDPE dan PP yang telah dipirolisis menghasilkan padatan berupa lilin putih yang mengandung *paraffins* dan *1-olefins*. *Paraffins* mengandung hidrokarbon rantai panjang yang biasanya terdapat pada bahan bakar. *Paraffins* berbentuk seperti lilin yang berwujud pada temperatur ruangan dan memiliki titik leleh >370°C (Scheirs, 2006).

Berdasarkan tabel 2, char yang dihasilkan plastik PP sebesar 0,12% dan HDPE 2,71%. Hal ini disebabkan karena PP memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan HDPE. Maka char yang dihasilkan dari proses pirolisis PP lebih rendah daripada HDPE. Char memiliki banyak keunggulan antara lain untuk menyuburkan tanah serta sebagai bahan bakar padat (Muhdhor, dkk., 2013).

**PIROLISIS SAMPAH PLASTIK DAN RANTING**

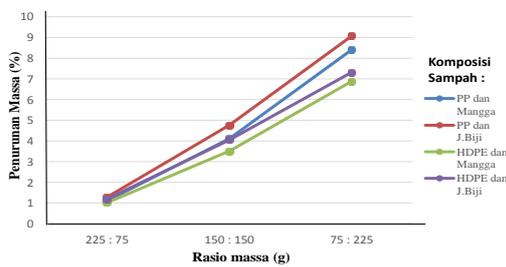
Pada penelitian ini, parameter yang ditinjau yaitu penurunan massa padatan dan produk yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan berupa cairan berupa asap cair, dan padatan berupa char dan lilin yang dapat dilihat pada tabel 3 hasil pengamatan sebagai berikut.

Dari tabel 3 dapat dilihat adanya perubahan massa awal dan massa akhir pada proses pirolisis menunjukkan bahwa adanya penurunan massa. Penurunan massa yang terjadi karena adanya proses pembakaran yang dipengaruhi oleh perpindahan panas yang terjadi pada reaktor. Perpindahan panas dipengaruhi

oleh massa partikel dan nilai kalori (Farah, 2012).

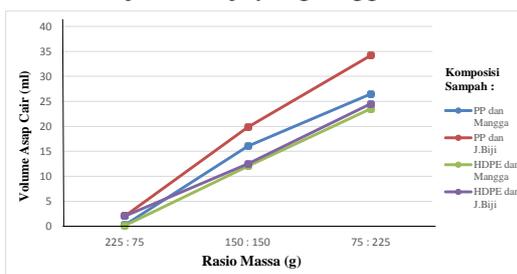
**Tabel -3:** Pengaruh Sampah Plastik dan Ranting Terhadap Parameter Produk Pirolisis

No.	Komposisi Sampah			Hasil Produk Proses Pirolisis						
	Plastik	(g)	Ranting	(g)	Padatan Tersisa (g)	Padatan Tersisa (%)	Penurunan Massa (%)	Char (%)	Lilin (%)	Asap cair (ml)
1.	PP	225	Mangga	75	296,68	98,89	1,11	3,33	95,56	7
2.	PP	150	Mangga	150	287,64	95,88	4,12	4,61	91,27	20
3.	PP	75	Mangga	225	274,73	91,58	8,42	5,96	85,62	22,5
4.	PP	225	J.Biji	75	296,17	98,72	1,28	3,19	95,53	0,2
5.	PP	150	J.Biji	150	285,69	95,23	4,77	4,48	90,75	24,8
6.	PP	75	J.Biji	225	272,76	90,92	9,08	4,77	86,15	31,2
7.	HDPE	225	Mangga	75	296,97	98,99	1,01	6,64	92,36	2
8.	HDPE	150	Mangga	150	289,44	96,48	3,52	7,38	89,10	16,5
9.	HDPE	75	Mangga	225	279,33	93,11	6,89	9,32	83,79	23,5
10.	HDPE	225	J.Biji	75	296,43	98,81	1,19	6,57	92,24	0,1
11.	HDPE	150	J.Biji	150	287,85	95,95	4,05	8,15	87,80	12
12.	HDPE	75	J.Biji	225	278,02	92,67	7,33	8,48	84,19	18,5



**Grafik -1:** Hubungan Antara Rasio Massa dengan Penurunan Massa dari Berbagai Komposisi Sampah

Pada komposisi plastik 75 gram dan ranting 225 gram merupakan penurunan massa tertinggi yaitu pada variasi PP 75 gram dan jambu biji 225 gram sebesar 9,08%. Hal tersebut disebabkan karena jumlah ranting yang tinggi yang menyebabkan terjadinya penurunan massa yang tinggi serta nilai kalori dari PP dan jambu biji yang tinggi.

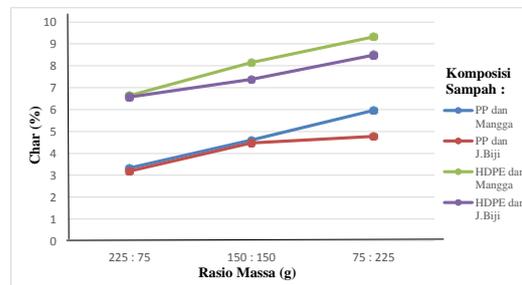


**Grafik -2:** Hubungan Antara Rasio Massa dengan Volume Asap Cair dari Berbagai Komposisi Sampah

Dari grafik 2 diperoleh bahwa pada komposisi plastik 75 gram dan ranting 225 gram menghasilkan asap cair tertinggi. Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya proses pirolisis dari tiga komponen kayu yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen kayu selulosa, hemiselulosa, dan lignin dapat terdegradasi

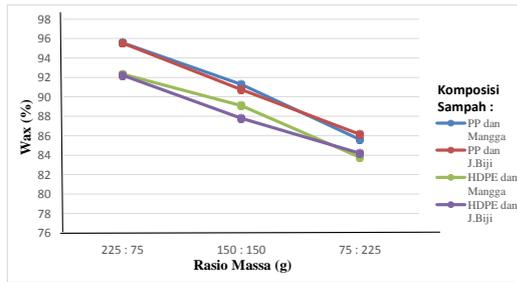
dan menghasilkan gas pada temperatur <math><450^{\circ}\text{C}</math> (Sjostrom, 1993). Jumlah asap cair yang dihasilkan berbeda-beda dipengaruhi oleh jenis biomassa, kadar abu, dan kadar air.

Pada komposisi PP 75 gram dan jambu biji 225 gram menghasilkan asap cair terbesar karena asap cair yang dihasilkan berasal dari ranting. Ranting jambu biji memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Hal tersebut yang mempengaruhi jumlah asap cair yang dihasilkan oleh ranting jambu biji. Bridgwater (1980), hasil dari asap cair dipengaruhi oleh jenis biomassa yang digunakan dalam penelitian, temperatur, waktu tinggal uap panas, pemisahan char/residu, dan kandungan abu.



**Grafik -3:** Hubungan Antara Rasio Massa dengan Char dari Berbagai Komposisi Sampah

Dari grafik 3 menunjukkan bahwa char terendah terdapat pada komposisi PP 225 gram dan jambu biji 75 gram sebesar 3,19% dan char tertinggi pada komposisi HDPE 75 gram dan mangga 225 gram sebesar 9,32%. Char yang dihasilkan pada pirolisis ranting lebih tinggi dibandingkan plastik karena pada komposisi yang sama yaitu HDPE dan mangga dengan variasi massa yang berbeda menghasilkan char yang berbeda. Char yang dihasilkan HDPE 225 gram dan mangga 75 gram lebih rendah dibandingkan HDPE 75 dan mangga 225 gram. Selain itu disebabkan karena plastik HDPE dan ranting mangga memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan bahan lainnya. Semakin tinggi nilai kalor jenis sampah maka kadar abu yang dihasilkan akan semakin rendah. Kadar abu yang semakin tinggi menyebabkan produksi char yang semakin besar (Muhdhor, dkk., 2013).



**Grafik -4:** Hubungan Antara Rasio Massa dengan Lilin dari Berbagai Komposisi Sampah

Pada grafik 4 menunjukkan bahwa lilin yang dihasilkan dari proses pirolisis merupakan hasil padatan yang tersisa yang bukan termasuk char. Pada komposisi PP 225 gram dan mangga 75 gram merupakan penghasil wax tertinggi sebesar 95,56% serta HDPE 75 gram dan mangga 225 gram merupakan penghasil lilin terendah sebesar 83,79% jika dibandingkan dengan komposisi lainnya.

Pada grafik 4 menunjukkan bahwa lilin yang dihasilkan pada komposisi plastik 225 gram dan ranting 75 gram lebih tinggi karena lilin yang dihasilkan merupakan padatan yang terbentuk dari pembakaran isomer TPA yang menjadi gas yang mengalami pengkristalan di dalam reaktor (Scheirs, 2006) seperti plastik PP dan HDPE. Selain karena plastik berperan dalam menghasilkan lilin, lilin yang dihasilkan pada proses pirolisis merupakan sisa char/residu dari padatan yang tersisa. Besarnya lilin yang diperoleh tergantung dari massa padatan tersisa dan besarnya char yang dihasilkan. Semakin tinggi char yang dihasilkan maka semakin rendah kandungan wax pada padatan hasil pirolisis.

#### ANALISA HASIL PIROLISIS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Lilin yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan penambahan ranting bercampur dengan arang karena adanya pembakaran dari ranting. Padatan penghasil lilin dan arang terbaik yaitu pada komposisi PP 225 gram mangga 75 gram dengan nilai kalori arang 5.441 kal/g setara dengan nilai kalori bahan bakar batubara kategori *Sub-bituminus* sedangkan nilai kalori lilin sebesar 11.872 kal/g. Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalori lilin dari plastik PP setara dengan nilai kalori bensin.

Asap cair dari proses pirolisis dihasilkan dari komposisi ranting dan plastik. Asap cair terbaik dihasilkan pada komposisi plastik 75 gram dan ranting 225 gram yang memiliki nilai kalori sebesar 10.058 kal/g. Menurut Koesoemadinata (1980), asap cair setara dengan nilai kalori minyak nabati. Biodiesel merupakan minyak nabati murni yang digunakan sebagai bahan bakar diesel (Helzamy, 2004).

#### KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pembahasan bahwa jenis sampah plastik dan sampah ranting dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, kesimpulannya sebagai berikut:

1. Pirolisis dengan variasi komposisi sampah plastik dan sampah ranting menghasilkan asap cair, char, dan padatan lilin. Asap cair terbaik dihasilkan PP 75 gram dan jambu biji 225 gram sebesar 34,2 ml. Char terbaik dihasilkan HDPE 75 gram dan mangga 225 gram sebesar 9,32%. Lilin terbaik dihasilkan PP 225 gram dan mangga 75 gram sebesar 95,56%.
2. Pirolisis sampah plastik menghasilkan lilin dan char. Lilin terbaik dihasilkan plastik PP sebesar 98,08% dan char terbaik dihasilkan plastik HDPE sebesar 2,71%.
3. Hasil pirolisis terbaik dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif ditinjau dari nilai kalori. Nilai kalori asap cair terbaik sebesar 10.058 kal/g. Nilai kalori padatan lilin terbaik sebesar 11.872 kal/g dan arang sebesar 5.441 kal/g.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bridgwater, A. V. (1980). Waste Incineration and Pyrolysis, *Resource Recovery and Conservation*, 5(1), 99–115. [https://doi.org/10.1016/0304-3967\(80\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0304-3967(80)90025-6)
- Farah, S. L. (2012). *Pengolahan Limbah Penyulingan Nilam Menjadi Asap Cair*. Surabaya: UPN Veteran Jawa Timur
- Koesoemadinata, R. P. (1980). *Geologi Minyak dan Gas Bumi* Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Helzamy. (2004). *Biodiesel dari Minyak Nabati*. Bandung: Institut Teknologi Bandung

- Muhdhor, H. F., Widya Wijayanti, & Khairul Anam. (2013). *Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitas Kinetic Rate Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Scheirs, J. (2006). Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels, *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics*. DOI:10.1002/0470021543
- Sjostrom, E. (1993). *Wood Chemistry, Fundamentals and Applications 2<sup>nd</sup>*. USA: Academic Press Inc.