

MODEL PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK DENGAN TEKNOLOGI PIROLISIS MENJADI BAHAN BAKAR

Faizal Hoerul Zaman¹⁾, Miftahudin²⁾, Amar Maruf³⁾

*Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Ilmu Pangan Halal Universitas
Djuanda, Jl.Tol Ciawi No.1, Bogor 16720.*

* Email: faizalhoerul@gmail.com

ABSTRAK

Sampah merupakan salah satu dari sekian banyaknya permasalahan sosial dan ekonomi di dunia, termasuk di Indonesia. Penyumbang sampah terbesar dalam kehidupan salah satunya adalah pasar tradisional. Metode penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Masing-masing penanganan sampah tersebut mempunyai kelemahan. Kelemahan dari reuse adalah barang-barang tertentu yang terbuat dari plastik, seperti kantung plastik, jika dipakai berulang kali akan menjadi tidak layak pakai. Kelemahan dari reduce adalah harus tersedianya barang pengganti plastik yang lebih murah dan lebih praktis. Sedangkan kelemahan dari recycle adalah bahwa plastik yang sudah didaur ulang akan semakin menurun kualitasnya. Salah satu solusi untuk mengurangi pertumbuhan sampah plastik yaitu dengan membuatnya menjadi bahan bakar alternatif. Dengan melakukan studi tentang potensi limbah atau sampah menjadi bahan bakar alternatif, penulisan skripsi ini menggambarkan bagaimana sampah dapat berpotensi untuk dijadikan sumber bahan bakar solar dengan melalui metode pirolisis. Hasil analisis menunjukkan potensi minyak yang dapat dihasilkan oleh pirolisis mencapai 3.313,191 Liter/bulan untuk seluruh jenis plastiknya. Hasil didapat menunjukkan pembuatan bahan bakar alternatif dari sampah ini dapat membantu mengurangi timbunan sampah, khususnya sampah organik serta dapat menjadi alternatif bahan bakar bagi masyarakat sekaligus mengurangi konsumsi yang tinggi dari minyak bumi.

Kata Kunci: Bahan Bakar Alternatif, Pemanfaatan Sampah Plastik, Pirolisis, Sampah Plastik.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu dari sekian banyaknya permasalahan sosial dan ekonomi diseluruh dunia, termasuk di Indonesia. Persoalan ini belum sepenuhnya diselesaikan, pola hidup masyarakat, kepadatan penduduk, dan budaya konsumtif yang semakin meningkat adalah beberapa penyebab volume sampah yang terus

meningkat. (Marlina et al., 2021). Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2020). Total sampah nasional mencapai angka 67,8 juta ton, setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,68 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 185 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik per hari. Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya.

Metode penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastik. (Wahyudi et al., 2018). Salah satu solusi untuk mengurangi pertumbuhan sampah plastik yaitu dengan membuatnya menjadi bahan bakar alternatif, selain untuk membantu mengurangi jumlah plastik hal tersebut juga untuk membuat kualitas lingkungan menjadi lebih baik. ini juga membantu menghasilkan bahan bakar yang ketika diubah menjadi bentuk yang sesuai dapat digunakan sebagai sumber energi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknik pemanasan dapat digunakan untuk mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar. Proses pemanasan hidrokarbon yang merupakan komponen penyusun plastik akan menguap menjadi gas, selanjutnya gas tersebut dikondensasi dan terbentuklah zat cair yang kualitasnya hampir sama dengan bahan bakar. (Sari, 2017). Berdasarkan permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian terhadap potensi pemanfaatan limbah plastik di Pasar Cicurug menjadi bahan bakar solar. Kajian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi masing-masing jenis sampah plastik jika diolah menggunakan teknologi pirolisis. Produk yang dikaji dilihat berdasarkan jenis sampah plastik. Potensi produk mencakup minyak yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahap pertama pengumpulan data adalah survei langsung ke tempat penelitian untuk mengetahui kondisi fisik yang terdapat dilingkungan pasar tradisional Cicurug, pemilihan lokasi penelitian difokuskan pada kualitas, kuantitas, dan karakteristik sampah yang timbul di pasar Cicurug. Tahap kedua dilakukan pemilahan sampel dengan kurun waktu selama tiga puluh hari dengan kuantitas pengambilan sampel per-minggu, lalu sampel dipilah untuk memisahkan jenis sampah yang meliputi: sampah kering dan basah, sampah organik dan anorganik, jenis plastik dan non-plastik yang kemudian akan ditimbang sesuai dengan jenis sampah menggunakan timbangan.

Tahap ketiga yaitu simulasi potensi bahan bakar. Penggambaran potensi pengolahan sampah pasar tradisional cicurug dengan proses pirolisis menggunakan data dari hasil observasi sebelumnya. Data dari hasil observasi kemudian dipilih kategori sampah kering organik jenis plastik. Data tersebut kemudian diolah berdasarkan kuantitas produk yang dihasilkan. Untuk mengetahui potensi produk yang dapat dihasilkan, maka berat sampah berdasarkan jenis digunakan sebagai dasar perhitungan. Perbandingan produk pirolisis yang dihasilkan mengacu pada hasil penelitian sebelumnya. Range produk yang dihasilkan berbeda untuk tiap jenis sampah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Persentase berdasarkan berat bahan baku dari produk pirolisis jenis sampah

Jenis Plastik	Gas (%)	Minyak (%)	Abu (%)
PE (<i>polyethylene</i>)	11.56	88.24	2
PS (<i>Polystyrene</i>)	4	93	3
PP (<i>Polypropylene</i>)	15.7	84.2	2.5
HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	16	83.5	1
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	87.7	12.3	0

(Sumber: Kristiawan, 2017)

Persentase ini digunakan untuk mensimulasikan jumlah produk yang dihasilkan jika mengolah sampah plastik di Pasar Tradisional Cicurug. Dari jumlah berat produk minyak pirolisis, dikonversi menjadi volume. Massa jenis yang

digunakan didapatkan dari review penelitian sebelumnya. Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Satuan SI massa jenis adalah kg/m^3 . Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah:

$$\rho = m/v \quad (1)$$

Dimana :

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa (kg)

v = volume (m^3)

Dari rumus maka dapat diketahui bahwa untuk menentukan volume suatu zat dapat ditentukan dengan rumus: $v = m/\rho$.

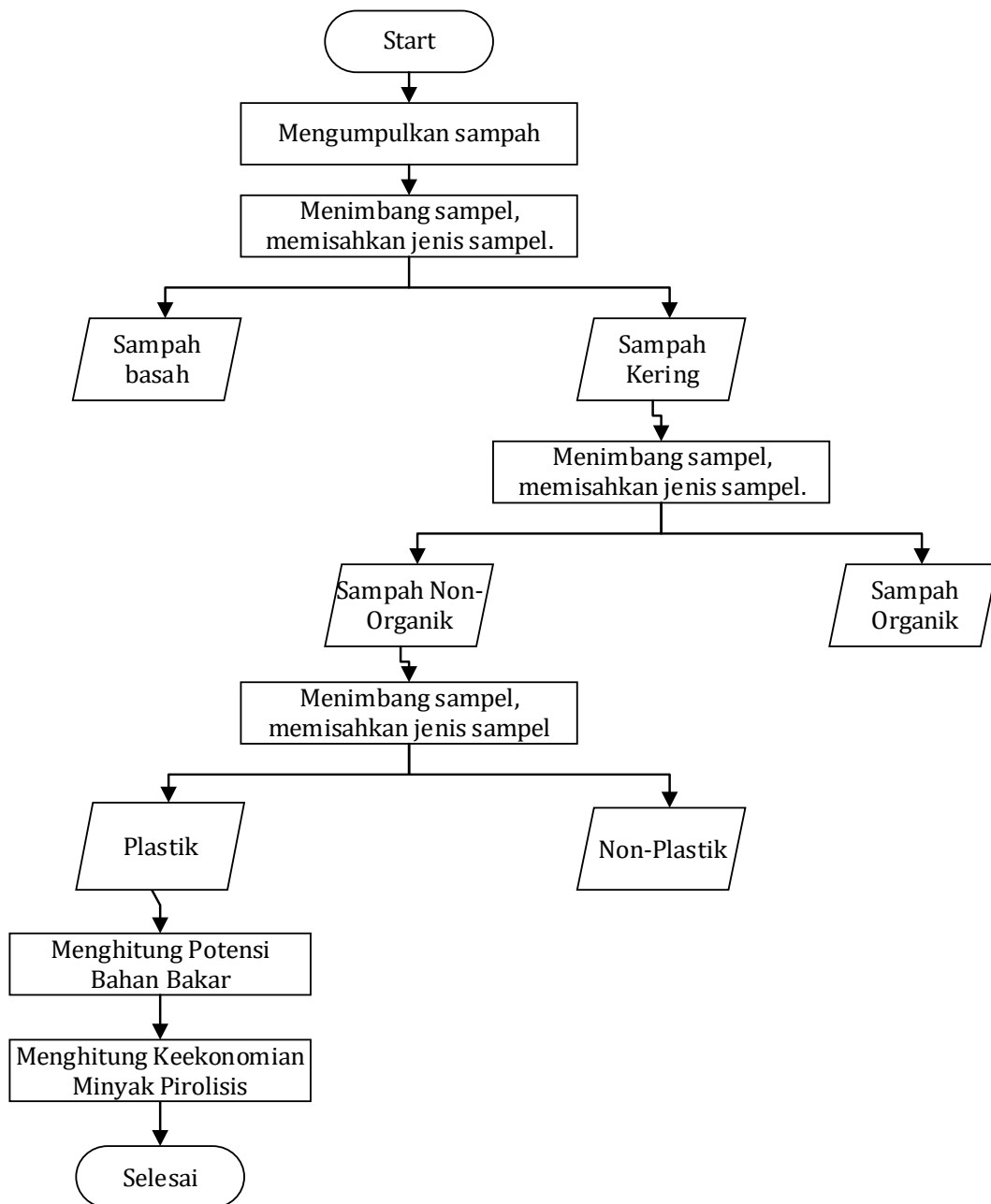
Tabel 2. Gambaran volume produk minyak pirolisis sampah (mL/Minggu)

Jenis Plastik	Berat (kg/minggu)	Massa Jenis (g/cm^3)	Volume (ml/Minggu)
PE (<i>Polyethylene</i>)	...	0.78	...
PS (<i>Polystyrene</i>)	...	0.85	...
PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	...	0.86	...
HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	...	0.95	...
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	...	0.84	...

(Sumber: Dayana *et al*, 2016)

Tahap selanjutnya yaitu menganalisis nilai keekonomian minyak pirolisis sampah plastik dilakukan dengan menghitung biaya yang dikeluarkan selama produksi serta harga produk yang dihasilkan per satuan 1 kg bahan baku pirolisis yaitu sampah plastik. Satuan 1 kg sampah digunakan dalam kalkulasi untuk penyetaraan nilai ekonomi sampah yaitu harga sampah per satuan kg. Kalkulasi secara sederhana dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai ekonomi/kg} = (\text{harga produk/1kg} - \sum \text{biaya produksi/1kg}) \quad (2)$$



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sampah Pasar Tradisional Cicurug

Sampah yang dihasilkan di Pasar Tradisional Cicurug bersumber dari setiap kegiatan operasional pasar. Area penghasil sampah meliputi area kios, area los, area

dasaran, area halaman, area parkir, gudang, kantor pengelola pasar, mushola, dan kamar mandi. Jenis sampah yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug berbeda karakteristiknya meliputi sampah basah, kering, organik dan sampah anorganik.

Berdasarkan tinjauan langsung pada lokasi sampah Pasar Tradisional Cicurug memiliki volume sampah yang tinggi, hal ini dapat dilihat berdasarkan intensitas pengambilan dan pengangkutan sampah oleh petugas sebanyak dua kali dalam sehari, volume sampah dalam satu kali pengambilan dan pengangkutan oleh petugas adalah ± 600 kg. Oleh karena itu dilakukan pemilahan dan pengambilan sampel organik selama satu bulan dengan kuantitas pengambilan sampel sampah per-minggu. Jumlah sampah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kuantitas sampah basah dan kering

Jenis sampah	Volume (Kg)				Jumlah
	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4	
Basah	4227	4216	4187	4182	16812
Kering	3081	3009	2946	2933	11969
Jumlah	7308	7225	7133	7115	28781
		Rata-Rata			7195,25

Diketahui bahwa jumlah sampah yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug bulan Desember 2022 sebanyak 28.781 kg sampah basah dan kering dengan rerata 7.195,25 kg/ minggu nya. Kuantitas paling tinggi sampah kering dan basah terdapat pada minggu pertama dengan jumlah sampah sebesar 7308 kg. Berdasarkan beberapa narasumber (petugas kebersihan dan beberapa pedagang) menyatakan bahwa pada minggu pertama kuantitas pengunjung pasar cukup tinggi dan mobilitas area pasar juga padat sehingga menghasilkan jumlah sampah yang tinggi juga. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingginya tingkat konsumsi masyarakat, kebutuhan masyarakat yang semakin beragam, tingkat sosial dan ekonomi. Tingginya tingkat ekonomi, sosial dan pendidikan masyarakat dapat memicu tingginya tingkat konsumsi masyarakat. (Saodah dan Malia, 2017).

Selain mengetahui kuantitas jumlah sampah basah dan kering Pasar Tradisional Cicurug selama periode bulan Desember 2022, pada saat survei dan wawancara langsung kepada petugas kebersihan juga dilakukan pemilahan dan pencatatan pada sampah kering untuk mengetahui jumlah sampah organik dan anorganik dari sampah kering. Jumlah sampah organik dan anorganik dari sampah kering yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuantitas Sampah Berdasarkan Sampah Organik dan Anorganik

Jenis sampah	Volume (Kg)				Jumlah
	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4	
Anorganik	2144	2088	2028	2018	8278
Organik	937	921	918	915	3691
Jumlah	3081	3009	2946	2933	11969
		Rata-Rata			2992,25

Diketahui bahwa jumlah sampah organik dan anorganik dari sampah kering yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug bulan Desember 2022 sebanyak 11.969 kg sampah organik dan anorganik dengan rerata 2.999,25 kg/ minggu nya. Kuantitas paling tinggi sampah organik dan anorganik terdapat pada minggu pertama dengan jumlah sampah sebesar 3081 kg. Menurut wawancara langsung dengan Petugas Kebersihan Pasar Tradisional Cicurug didapatkan hasil bahwa sampah organik yang dihasilkan setiap harinya sekitar 30-40%, sedangkan sampah anorganik sekitar 60-70%, untuk sampah organik mayoritas berasal dari los dan dasaran, sedangkan, sampah anorganik mayoritas selain berasal dari los dan dasaran juga berasal dari area kios, area parkir dan mushola.

Setelah diketahui kuantitas jumlah sampah organik dan anorganik Pasar Tradisional Cicurug selama periode bulan desember 2022, dilakukan juga pemilahan dan pencatatan pada sampah anorganik untuk mengetahui jumlah sampah anorganik jenis plastik yang dihasilkan. Data yang didapat kemudian akan dijadikan sebagai bahan penelitian utama yaitu untuk mengetahui potensi pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan bakar minyak. Jumlah sampah anorganik jenis palstik yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kuantitas sampah berdasarkan sampah plastik dan non-plastik

Jenis sampah	Volume (Kg)				Jumlah
	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4	
Plastik	718	711	704	703	2836
Non-Plastik	1426	1377	1324	1315	5442
Jumlah	2144	2088	2028	2018	8278
		Rata-Rata			2069,5

Pada Tabel diketahui bahwa jumlah sampah anorganik jenis plastik dan non-plastik yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug bulan Desember 2022 sebanyak 8.278 kg sampah dengan rerata 2.069,5 kg/minggu nya. Kuantitas paling tinggi sampah jenis plastik dan non-plastik terdapat pada minggu pertama dengan jumlah sampah sebesar 2.144 kg. Menurut wawancara langsung dengan Petugas Kebersihan Pasar Tradisional Cicurug didapatkan hasil bahwa sampah plastik yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug bersumber dari pembungkus baik itu makanan dan minuman maupun keperluan lainnya.

Berdasarkan tinjauan langsung pada lokasi sampah Pasar Tradisional Cicurug dan wawancara mendalam (*indepth interview*) yang dilakukan dengan ketua pengelola pasar didapatkan hasil bahwa pengelolaan sampah plastik Pasar Tradisional Cicurug masih menggunakan sistim timbun dan kemudian dijual. Untuk itu dilakukan kajian mengenai potensi pemanfaatan plastik sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan sampah plastik dilakukan dengan merubah bentuknya yang padat menjadi cair dan gas dengan prinsip pemanasan. Sampah plastik tidak diolah dengan cara dibakar karena prosesnya yang tidak sempurna akan menghasilkan senyawa bersifat karsinogen seperti polychloro dibenzodioxins dan polychloro dibenzo-furans. Untuk menghilangkan sifat karsinogennya, maka sampah plastik harus dibakar dengan suhu yang tinggi hingga 1000°C sehingga dibutuhkan biaya yang besar. (Ermawati, 2011).

Upaya untuk memanfaatkan sampah plastik menjadi bahan bakar dapat dilakukan dengan metode pirolisis. Pirolisis adalah proses pemecahan struktur polimer kompleks menjadi lebih sederhana pada suhu 350-900°C tanpa menggunakan

O2. Proses konversi sampah plastik dimulai dari proses *drying* sehingga didapatkan plastik yang bersih dan kering. Kondisi plastik tersebut akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Kemudian proses dilanjutkan dengan pemanasan reaktor dengan suhu 350-900°C. Panas yang terbentuk dari suhu tersebut menyebabkan polimer-polimer plastik di dalam reaktor melunak. Bersamaan dengan itu, polimer yang merupakan molekul besar, strukturnya terdekomposisi menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah dan stabil. Gas yang terbentuk mengandung berbagai unsur dan senyawa yang kemudian dipisahkan melalui proses kondensasi sehingga dihasilkan minyak dan gas yang jumlahnya masing-masing sebanyak 70-80% dan 5-10%. (Harshal dan Shailendra, 2013)

Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Pasar Tradisional Cicurug

Penggambaran potensi pengolahan sampah dengan proses pirolisis menggunakan data dari hasil observasi penelitian. Data tersebut kemudian diolah berdasarkan persentase produk yang dihasilkan menurut literatur. Pasar Tradisional Cicurug memiliki area yang luas. Area ini mencakup fasilitas utama yaitu kios untuk para pedagang pasar, wc umum, mushola area parkir dan area perkantoran pasar.

Mobilitas kegiatan jual beli di Pasar Tradisional Cicurug terbilang padat mengingat sampah yang dihasilkan pun tinggi. Seperti terlihat pada pembahasan sebelumnya bahwa komposisi utama sampah di Pasar Tradisional Cicurug adalah dari sampah anorganik. Komposisi sampah anorganik mencapai 69.16 % dari total jumlah sampah kering yang dihasilkan selama periode bulan desember 2022. Dari komposisi sampah anorganik yang dihasilkan, 34.26 % nya adalah sampah jenis plastik. Sampah plastik yang terdapat di pasar Cicurug bersumber dari pembungkus baik itu makanan, minuman maupun keperluan lainnya.

1. Komposisi sampah plastik pasar tradisional cicurug

Aktivitas pasar tiap harinya berlangsung dari jam 02:00 WIB hingga pukul 21:00 WIB. Dalam rentan waktu tersebut aktivitas paling padat terdapat pada jam 04:00 - 09:00 WIB. Di dalam gedung pasar, para pedagang sendiri menjual berbagai

macam produk untuk kebutuhan masyarakat yang mencakup kebutuhan sandang pangan dan papan. Dan banyak produk yang dijual menggunakan pembungkus plastik atau berbahan dasar plastik Berdasarkan data pada Tabel 5 kuantitas sampah plastik keseluruhan yang dihasilkan di Pasar Tradisional Cicurug adalah 2.836 kg. Dimana 709 kg/minggu adalah rata-rata jumlah sampah plastik yang dihasilkan di Pasar Tradisional Cicurug. Beberapa jenis sampah plastik merupakan jenis plastik yang sama. Pengelompokan berdasarkan jenis dan persentase sampah plastik dari total sampah plastik yang dihasilkan Pasar Tradisional Cicurug dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kuantitas sampah jenis plastik pasar tradisional cicurug

Jenis Plastik	Volume (Kg)				Total
	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4	
PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	128	125	124	122	499
PS (<i>Polystyrene</i>)	65	67	63	61	256
PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	395	393	391	392	1571
HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	112	109	112	114	447
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	18	17	14	14	63
Jumlah	718	711	704	703	2836

Jumlah sampah plastik tertinggi adalah sampah jenis PP, dimana rata-rata jumlahnya mencapai 392.75 kg/minggu. Jenis kedua tertinggi adalah PET dengan jumlah rata-rata 124.75 kg/minggu. Jenis sampah terendah adalah PVC dengan jumlah rata-rata 15.75 kg/minggu. Jenis plastik yang paling banyak ada di Pasar Tradisional Cicurug adalah plastik bening yang biasa digunakan membungkus makanan dengan persentase sebesar 55.39% dari total jumlah berat sampel. Kemudian persentase terbanyak kedua adalah botol plastik tempat minuman dengan jumlah 17.60% seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi sampah plastik pasar tradisional cicurug

Kategori	Persentase (%)	Jenis Sampah
PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	17.60	Botol plastik, ember, tempat agar
PS (<i>Polystyrene</i>)	9.03	<i>Styrofoam</i>
PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	55.39	Plastik bening, mika, gelas , kemasan, tempat puding, bungkus mie instan, tali rafia
HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	15.76	Plastik kresek
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	2.22	Paralon

Berdasarkan data yang ada, terlihat bahwa komposisi sampah plastik di Pasar Tradisional Cicurug didominasi oleh beberapa kategori jenis sampah. Jenis sampah tersebut adalah PP, PET HDPE, PS dan PVC. Jenis sampah PP (*Polypropylene*) merupakan komposisi terbanyak dengan jumlah total 55.39 % dari berat total sampah plastik. Pembungkus makanan, gelas plastik hingga tali rafia termasuk dalam PP. Komposisi tertinggi kedua adalah jenis sampah PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan jumlah total mencapai 17.60 %. Jenis plastik ini ditemukan dalam bentuk botol minuman, tempat agar dan ember.

2. Potensi produksi minyak dari sampah plastik pasar cicurug.

Untuk mengetahui potensi produk yang dapat dihasilkan, maka berat sampah berdasarkan jenis digunakan sebagai dasar perhitungan. Perbandingan produk pirolisis yang dihasilkan mengacu pada hasil penelitian sebelumnya. Range produk yang dihasilkan berbeda untuk tiap jenis sampah seperti pada Tabel 1 yang dimana menjelaskan bahwa jenis plastik yang menghasilkan minyak terbanyak adalah jenis sampah plastik PS 93% minyak dapat dihasilkan dari bahan baku jenis plastik PS. Jenis plastik lainnya seperti PE, PP dan HDPE juga menghasilkan minyak diatas 80% dari jumlah bahan baku sampah yang ada. Persentase ini digunakan untuk mensimulasikan jumlah produk yang dihasilkan jika mengolah sampah plastik di Pasar Tradisional Cicurug. Dari jumlah berat produk minyak pirolisis, dikonversi menjadi volume. Massa jenis yang digunakan didapatkan dari review penelitian sebelumnya.

Tabel 8. Volume produk minyak pirolisis sampah (mL/minggu)

Jenis Plastik	Massa Jenis (g/cm ³)	Minggu ke-1		Minggu ke-2		Minggu ke-3		Minggu ke-4		Total
		Berat (kg)	Volume (Liter)	Berat (kg)	Volume (Liter)	Berat (kg)	Volume (Liter)	Berat (kg)	Volume (Liter)	
PE	0.78	128	164.10	125	160.26	124	158.97	122	156.41	639.74
PS	0.85	65	76.47	67	78.82	63	74.12	61	71.76	301.18
PP	0.86	395	459.30	393	456.98	391	454.65	392	455.81	1826.74
HDPE	0.95	112	117.89	109	114.74	112	117.89	114	120.00	470.53
PVC	0.84	18	21.43	17	20.24	14	16.67	14	16.67	75.00
Jumlah			839.20		831.03		822.30		820.66	3313.19

(Sumber : Massa jenis berdasarkan literatur Dayana *et al.*, 2016.)

Hasil konversi menunjukkan bahwa simulasi potensi minyak untuk minggu pertama mencapai 839,299 liter per minggu, simulasi potensi minyak untuk minggu kedua mencapai 831,032 liter per minggu, simulasi potensi minyak untuk minggu ketiga mencapai 822,305 liter per minggu, dan simulasi potensi minyak untuk minggu keempat mencapai 820,656 liter per minggu. Secara keseluruhan simulasi minyak hasil pirolisis yang dihasilkan mencapai 3.313,191 Liter/bulan untuk seluruh jenis plastiknya. Sedangkan jenis plastik dengan hasil simulasi paling tinggi dalam menghasilkan minyak pirolisis adalah jenis plastik PP (Polypropylene) dengan rerata perolehan minyak hasil pirolisis sebesar 456,687 Liter/minggu. Minyak ini dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar solar. Tabel 9 menunjukkan perbandingan bahan bakar solar dengan berbagai minyak pirolisis dari beberapa hasil penelitian.

Tabel 9. Perbandingan karakteristik minyak pirolisis dengan bahan bakar solar

Karakteristik	Solar	Minyak Pirolisis (Surono, 2013)	Minyak Pirolisis (Sharma, 2013)
Nilai Kalor (kJ/kg)	46.500	41.858	46.199,12
Viskositas (cp)	5	2,149	2,49
Densitas (g/cc)	0,88	0,793	0,8147
Flash Point (°C)	50	40	100
Kandungan Sulfur	<0,035	<0,002	NA

Nilai kalor dari minyak pirolisis plastik memiliki nilai kalor yang hampir setara dengan solar. Nilai kalor solar berada pada nilai 46500 kJ/kg sedangkan minyak pirolisis memiliki nilai kalor hingga mencapai 46199.12 kJ/kg. Minyak pirolisis juga berpotensi menjadi bahan bakar yang lebih rendah polusi karena kandungan sulfurnya lebih rendah bila dibandingkan dengan solar.

Keekonomian Minyak Pirolisis Sampah Plastik

Salah satu biaya investasi utama adalah pengadaan lahan. Namun, dalam hal ini, biaya lahan telah dikurangi karena sampah plastik akan diolah di TPS Pasar Tradisional Cicurug, dan biaya investasi lahan akan ditanggung oleh pemerintah. Pengangkutan sampah adalah biaya tambahan yang dieliminasi dari perhitungan, biaya ini akan dibebankan pada biaya pengangkutan sampah yang dibayarkan oleh masyarakat. Analisis finansial dilakukan pada kondisi basis, yaitu pada proses pirolisis sampah plastik tanpa menggunakan katalis. Penggunaan katalis pada proses akan meningkatkan kebutuhan biaya operasional. Harga katalis zeolit adalah Rp. 3.300.00,- per kilogram. Frekuensi sampah plastik di Pasar Tradisional Cicurug adalah sebanyak 2.836 kg/bulan dengan rerata 94,53 kg/hari dengan demikian kebutuhan katalis adalah sebanyak 284 kg/hari. Jika dihitung, penggunaan katalis dalam satu hari akan membutuhkan biaya sebanyak Rp 937.200.00,-

1. Biaya investasi kebutuhan alat pirolisis berdasarkan Timbulan sampah plastik

Pasar Cicurug sebanyak 94,53 kilogram per hari dan kapasitas produksi mesin menentukan jumlah alat pirolisis yang dibutuhkan untuk mengolah sampah plastik di Pasar Cicurug. Alat pirolisis berukuran 20 kg (tipe AM-PYRO20 dengan merk Aneka mesin). Proses pirolisis dilakukan dua kali dalam satu hari, dengan durasi masing-masing tiga jam. Ini berarti bahwa satu unit pirolisis dapat mengolah 40 kilogram sampah plastik dalam satu hari. Jumlah alat pirolisis yang dibutuhkan untuk mengolah sampah plastik PP di pasar konvensional Cicurug adalah sebagai berikut: Biaya investasi dapat dihitung dengan mengalikan jumlah alat x harga alat, yaitu tiga unit dibagi 30.000.000,00 per unit, dan hasilnya adalah Rp 90.000.000,00.

2. Kebutuhan pengeruk residu

Agar reaktor dapat digunakan kembali dalam keadaan bersih, alat pengeruk residu diperlukan karena tar yang tersisa dari proses pirolisis akan mengeras dan menempel pada dinding reaktor. Cetok yang terbuat dari besi digunakan sebagai pengeruk residu. Biaya pengeruk residu bulanan adalah Rp 22.500, atau jumlah alat pirolisis dibagi dengan harga pengeruk.

3. Pengadaan tabung LPG

Bahan bakar yang digunakan dalam proses pirolisis adalah Gas LPG dengan tabung 3 kg. Biaya untuk membeli tabung gas dapat dihitung dengan cara berikut: jumlah unit alat pirolisis dibagi dengan harga tabung, lalu dibagi menjadi 3 unit x Rp. 130.000,- dan hasilnya adalah Rp 390.000,-

4. Biaya oprasional

a. Kebutuhan tenaga kerja

Untuk proses pencacahan plastik, diproyeksikan bahwa satu alat pirolisis akan dioperasikan oleh dua tenaga kerja. Oleh karena itu, jumlah karyawan yang diperlukan adalah enam orang. Semua karyawan akan menerima upah bulanan yang sesuai dengan Upah Minimum Kota (UMK) Sukabumi, yaitu Rp. 2.756.923,-. Biaya yang diperlukan untuk membayar karyawan setiap bulan adalah sebagai berikut: UMK dibagi dengan jumlah karyawan, jadi upah bulanan adalah Rp. 2.756.923,- per orang. dikali dengan 6 orang per bulan, jadi upah bulanan adalah Rp. 16.541.538,-

b. Pengadaan masker

Pekerja harus selalu menggunakan alat pelindung diri (APD) selama proses pirolisis karena gas yang berbau menyengat sangat berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu, setiap karyawan yang bekerja dengan alat pirolisis harus selalu mengenakan masker. Masker yang digunakan adalah 3M Half Facepiece Reusable. Biaya untuk membeli masker dihitung dengan mengalikan jumlah pekerja x harga masker. biaya masker = 6 orang x Rp. 150.000,- = Rp. 900.000,-.

c. Kebutuhan bahan bakar

Satu unit alat pirolisis menggunakan 3 kg bahan bakar per hari selama 6 jam operasi. Operasi pirolisis direncanakan berlangsung selama 26 hari dalam satu bulan. Jumlah LPG yang dibutuhkan untuk beroperasi setiap hari dapat dihitung dengan persamaan berikut: bahan bakar per unit per hari x jumlah alat pirolisis x hari kerja per bulan = 3 kilogram x 3 unit x 26 hari per bulan = 234 kilogram per bulan. harga gas LPG per tabung adalah Rp 18.000, dan berat gas per tabung adalah 3 kg, maka harga gas per kg adalah Rp 6.000.

Dengan demikian, biaya bahan bakar yang dibutuhkan setiap bulan dapat dihitung sebagai berikut: Biaya bahan bakar = kebutuhan bahan bakar setiap bulan x harga bahan bakar per kg = 234 kg x Rp. 6.000 = Rp. 1.404.000.

d. Kebutuhan sarung tangan

Biaya sarung tangan = jumlah pekerja x harga sarung tangan
Biaya sarung tangan = 6 orang x Rp. 2.500,-/orang
Biaya sarung tangan = Rp. 15.000,-

e. Kebutuhan air plastik Dalam proses pengolahan plastik yang direncanakan, jumlah air yang diperlukan untuk mencuci 1 kg plastik adalah 10 liter. Jumlah ini didasarkan pada hasil penelitian sebagai tahap awal pemrosesan plastik sebelum dilakukan pirolisis. Jumlah air yang dibutuhkan untuk mengolah sampah plastik PP dihitung sebagai berikut: Kebutuhan air = 10 liter/kg plastik x jumlah yang dihasilkan. Kebutuhan air = 10 liter/kg x 94,53 kg/hari. Kebutuhan air = 955,3 liter/hari = 0,96 meter kubik/hari. Biaya air pencucian = kebutuhan air x harga air. Biaya air pencucian = 0,96 m³/hari x 26 hari/bulan x Rp. 2.900,-/m³. Biaya air pencucian = Rp. 72.384,-/bulan. Biaya pencucian air yang tinggi dapat dikurangi jika hierarki pengelolaan sampah diterapkan. Pemilahan sampah di sumber sangat penting dalam hal ini, sehingga plastik tidak akan tercampur dengan sampah makanan dan sampah lainnya sehingga tidak akan menjadi sangat kotor.

f. Kebutuhan air pendingin kondensor

Proses pirolisis membutuhkan air untuk membantu proses kondensasi dan mengubah gas pirolisis menjadi cairan minyak. Jumlah air yang diperlukan untuk proses pirolisis dalam satu hari diperkirakan sebanyak dua ribu liter, atau setara dengan dua m³. Dengan harga air per m³ yang dijual oleh PDAM Kota Sukabumi sebesar Rp. 2.900,-. Biaya air dapat dihitung dengan mengalikan kebutuhan air setiap bulan x harga air, yaitu 8,3 m³ x 26 bulan x Rp 2.900,-/m³. biaya bulanan untuk air pendingin kondensor adalah sebesar Rp. 626.400,-.

Tabel 10. Biaya investasi, operasional, dan pendapatan pirolisis

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)	Biaya Total (Rp)
Biaya Investasi					
1	Pengadaan Alat Pirolisis	3	Unit	30,000,000	90,000,000
2	Tabung LPG 3 kg	3	Unit	425,000	1,275,000
3	Masker	6	Unit	150,000	900,000
4	Pengeruk Residu	3	Unit	7,500	22,500
Total Biaya Investasi					92,197,500
Biaya Penyusutan		Umur Alat (Bulan)	Penyusutan (Rp)		
1	Pengadaan Alat Pirolisis	60	1,500,000		
2	Tabung LPG 3 kg	60	21,250		
3	Masker	12	75,000		
4	Pengeruk Residu	12	1,875		
Total Biaya Penyusutan			1,598,125		
Biaya Operasional					
1	Gas LPG	234	Kg/bulan	6,000	1,404,000
2	Air Pencucian Plastik	2,595	m ³ /bulan	2,900	7,525,500
3	Air Kondensor	216	m ³ /bulan	2,900	626,400
4	Sarung Tangan	6	Unit/bulan	2,500	15,000
5	Upah Teknisi	6	Orang/bulan	2,756,923	16,541,538
Total Biaya Operasional					26,112,438
Total Biaya Operasional + Biaya Penyusutan					27,710,563
Penerimaan					
1	Minyak Pirolisis (Biodiesel)	3,313.19	L/bulan	12,000	39,758,292
Pendapatan					

1	Pendapatan	39,758,292
2	Biaya Operasional	26,112,438
3	Biaya Penyusutan	1,598,125
4	Keuntungan	12,047,729

Biaya modal investasi untuk alat pirolisis adalah sebesar Rp. 92.197.500, dan biaya operasional bulanan untuk alat pirolisis adalah sebesar Rp. 26.112.438, dengan biaya penyusutan sebesar Rp. 1.598.125, sehingga total biaya operasional adalah Rp. 27.710.563, dengan keuntungan yang didapat sebesar Rp. 12.758.292 dari penjualan minyak pirolisis.

Untuk menentukan nilai keuntungan dan kembalinya modal investasi dapat dilakukan dengan mengetahui nilai BEP/Payback Period dengan perhitungan sebagai berikut: $BEP = \text{Investasi} / \text{Keuntungan (per bulan)}$

$BEP = 92.197.500 / 12.047.729$ $BEP = 7,65/$ bulan Nilai BEP bernilai 7,65 artinya modal investasi kebutuhan alat pirolisis akan kembali pada bulan ke 8. Pada bulan ke 8 maka akan terjadi keuntungan.

KESIMPULAN

1. Jumlah sampah yang dihasilkan dipasar Cicurug sebesar 28.781 kg/bulan dengan rata-rata 7.195 kg/minggu dan komposisi sampah yang dihasilkan di pasar Cicurug yaitu sampah basah sebesar 16.812 kg/bulan dan sampah kering 11.969 kg/bulan. Dan sampah kering terdiri dari sampah organik dengan kuantitas sebesar 3.691/bulan dan anorganik sebesar 8.278 kg/bulan. Dari perolehan jumlah sampah jenis anorganik terdiri dari sampah jenis plastik sebesar 5.442 kg/bulan dan sampah jenis non plastik sebesar 2.836 kg/bulan.

2. Pemanfaatan sampah plastik di pasar Cicurug Kelurahan Cicurug Kabupaten Sukabumi berpotensi untuk dijadikan sumber bahan bakar solar dengan potensi minyak yang dapat dihasilkan oleh pirolisis mencapai 3.313,191 Liter/bulan untuk seluruh jenis plastiknya.

3. Secara keekonomian, teknologi pirolisis layak untuk diaplikasikan. Dari hasil perhitungan biaya oprasional sebesar 27.710.563/bulan sedangkan pendapatan

dari hasil penjualan minyak pirolisis sebesar Rp. 39.758.292. Maka keuntungan yang didapat adalah sebesar Rp. 12.047.729/bulan. nilai BEP dari proyek pirolisis ini adalah 7,65 yang artinya modal investasi pada proyek akan kembali pada bulan ke 8.

REFERENSI

- Dayana, S., Sharuddin, A., Abnisa, F., Mohd, W., Wan, A. (2016). A Review On Pyrolysis Of Plastic Wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308–326. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Ermawati, R. (2011). Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri*, 5(3), 257–263.
- Harshal, P., & Shailendra, L. (2013). Waste plastic Pyrolysis oil Alternative Fuel for CI Engine – A Review. *Research Journal of Engineering Sciences*, 2(2), 26–30.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2020). *Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Kristyawan, I. P. A. (2016). Potential Production Of Oil From Waste Plastic Pyroliysis In Geostech Building. *JRL*, 9(1), 47–54
- Marlina, N. I. V., Joko, T., & Setiani, O. (2021). Evaluasi Aspek Pengelolaan Sampah Pasar Tradisional Kedunggalar Kecamatan Kedunggalar Kabupaten Ngawi Jawa Timur. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 20(5), 308–316. <https://doi.org/10.14710/mkmi.20.5.308-316>
- Saodah, D., & Malia, R. (2017). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumen dalam Pembelian Sayuran di Pasar Tradisional (Studi Kasus Pasar Muka Cianjur). *Journal Agrosience*, 7(1).
- Sari, G. L. (2017). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(1), 06–13.
- Sharma, M. C., & Soni, N. (2013). Production of Alternative Diesel Fuel from Waste Oils and Comparison with Fresh Diesel : -A Review. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 3(4), 54–58.
- Surono, B. U. (2013). Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*, 3(1).
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*, 114(1), 58–67. <https://doi.org/10.1007/s00289-017-1962-x>