

DESAIN SISTEM PIROLISIS UNTUK PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK DI PERAIRAN WAKATOBI

Ari Kuncoro^{*}, Ma'muri dan Susilo Wisnugroho

Loka Perencanaan Teknologi Kelautan BRSDM – Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Ir. Soekarno No. 3 Desa Patuno, Wangi-Wangi, Wakatobi – Sulawesi Tenggara 93791.

^{*}Email: arikuncoro.21@gmail.com

Abstrak

Penemuan ikan paus yang mati di perairan Wakatobi dengan perut yang berisi sampah plastik, membuat miris insan perikanan. Penggunaan plastik yang semakin masif akan mencemari perairan. Ancaman terhadap ekosistem perairan akibat banyaknya sampah plastik di Indonesia sudah di depan mata. Saat ini jumlah sampah plastik di perairan telah mencapai angka 3,2 juta ton. Jumlah ini diperkirakan bertambah menjadi sekitar 30 juta ton pada 10 tahun mendatang. Salah satu cara menanggulangi pencemaran sampah plastik selain dengan mengurangi penggunaan plastik, adalah dengan mendaur ulang sampah plastik. Daur ulang ada 2 macam, yaitu daur ulang menjadi plastik kembali dan daur ulang menjadi energi. Salah satu energi yang dihasilkan dari daur ulang sampah plastik adalah bahan bakar minyak (BBM). Penelitian kali ini adalah merancang alat untuk mengurangi pencemaran sampah plastik, dengan mendaur ulang sampah plastik menjadi BBM dengan sistem pirolisis. Metode penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dengan melakukan survey kondisi pesisir pantai di Wakatobi, kemudian melakukan analisis terhadap beberapa alat pirolisis yang sudah pernah dibuat. Dari hasil survey dan analisis ini, kemudian dilakukan perancangan alat pirolisis yang didesain sederhana, mudah dibuat dan murah sehingga bisa dibuat prototipenya.

Kata kunci: sampah plastik, pencemaran, daur ulang, pirolisis.

1. PENDAHULUAN

Baru-baru ini di perairan Wakatobi ditemukan seekor ikan paus sperma yang mati (Rahayu Y. A., 2018). Sangat miris ketika mamalia laut yang dilindungi ini mati, dan di dalam tubuhnya ditemukan sampah plastik. Hal ini memberikan *warning* kepada kita bahwa sampah plastik bisa menjadi ancaman terhadap ekosistem perairan dan kehidupan organisme laut. Sampah plastik ternyata menjadi penyumbang sampah terbesar di laut Indonesia. Oleh karena itu, Menteri Kelautan dan Perikanan RI, Susi Pudjiastuti berharap adanya pengurangan penggunaan plastik. Penggunaan plastik akan mencemari darat dan laut. Menurut Menteri KP, jika penggunaan plastik tidak dihentikan, maka diperkirakan pada tahun 2030 jumlah sampah plastik akan lebih banyak daripada jumlah ikan. Saat ini jumlah sampah plastik telah mencapai angka 3,2 juta ton. Jumlah ini diperkirakan bertambah menjadi sekitar 30 juta ton pada 10 tahun mendatang. Jumlah tersebut, bisa melebihi jumlah ikan di lautan Indonesia yang telah mencapai 28 juta ton (Prasongko D., 2018). Macam-macam sampah plastik yang biasa ditemukan di perairan ditampilkan pada Tabel 1 (Syamsiro M., 2013).

Tabel 1. Macam-macam sampah plastik

Material plastik	Ciri-ciri	Bentuk sampah
PET atau PETE (polyethylene)	Ringan dan murah.	Botol minuman dan tempat makanan yang tahan panas.
HDPE (high density polyethylene)	Kuat namun mudah terkena korosi, resiko kimia kecil dan dapat didaur ulang.	Tempat makanan, tempat shampoo dan kantong sampah.
PVC (polyvinyl chloride)	Fisik stabil, tahan bahan kimia, tahan cuaca, tahan aliran, bersifat elektrik dan sulit didaur ulang.	Pipa dan konstruksi bangunan.
LDPE (low density polyethylene)	Lunak.	Tempat makanan dan botol lunak.
PP (polypropylene)	Tahan air mendidih, tahan sterilisasi, tahan kimia kecuali klorin, tahan bahan bakar dan tahan <i>exylene</i> dan mempunyai sifat insulasi listrik yang baik.	Komponen otomotif, tempat makanan, karpet.
PS (polystyrene)	Kekakuan dan kestabilan dimensi yang baik.	Tempat makanan sekali pakai, kemasan, mainan dan peralatan medis.

Sampah plastik yang banyak berada di perairan sangat sulit terurai di alam, membutuhkan waktu bertahun-tahun agar dapat hancur dan terurai, bahkan hingga ratusan tahun lamanya. Selain mengurangi penggunaannya plastik, maka perlu dilakukan usaha untuk mengelola sampah plastik yang sudah ada di perairan. Sampah plastik di perairan harus dikelola dengan baik mulai dari pribadi hingga masyarakat. Saat ini usaha yang telah dilakukan untuk menanggulangi sampah plastik di perairan adalah dengan pemungutan/pengambilan sampah plastik, kemudian dikirimkan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah. Sampah plastik ini biasanya akan dibakar di TPA atau dipilah dan dikelompokkan untuk didaur ulang. Hasil dari daur ulang sampah plastik ada 2 macam, yaitu daur ulang menjadi plastik kembali dan daur ulang menjadi energi. Dari sampah plastik yang ditemukan di perairan, sampah plastik bisa digunakan sebagai sumber energi. Mengingat kandungan energi yang tinggi dari bahan plastik, maka potensi pemanfaatan untuk sumber energi dapat diusahakan.

Sampah plastik yang bisa digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional dapat dilakukan untuk beberapa model konversi (Syamsiro M., 2013) sebagai berikut:

- a. Konversi ke bahan bakar padat, yang dilakukan dengan mencacah sampah plastik dan kemudian membriketnya untuk nantinya menjadi bahan bakar briket. Bahan bakar ini kemudian bisa digunakan untuk pembakaran di tungku-tungku industri.
- b. Konversi ke bahan bakar cair, dengan menggunakan prinsip pirolisis dimana sampah plastik dipanaskan pada suhu sekitar 500 °C sehingga fasenya akan berubah menjadi gas dan kemudian akan terjadi proses perengkahan (*cracking*). Setelah itu didinginkan kembali dan bisa mendapatkan bahan bakar cair setara dengan bensin dan solar.
- c. Konversi ke bahan bakar gas, konversi ini bisa dilakukan dengan teknologi gasifikasi dimana sampah plastik dipanaskan pada suhu yang sangat tinggi mencapai 900° C dengan prinsip oksidasi parsial. Sehingga akan dihasilkan gas hidrokarbon yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan industri.

Sampah plastik yang ada, terbuat dari bahan baku minyak bumi, dan bahan tersebut sama dengan bahan untuk membuat bahan bakar minyak. Semua bahan untuk membuat polimer plastik seperti PET, HDPE, PVC, LDPE, PP dan PS dibuat dari proses polimerisasi fraksi minyak bumi (Isroi, 2017), namun jenis plastik yang paling baik untuk diproses menjadi bahan bakar alternatif adalah PP dan HDPE (Safira & Hendriyanto, 2017). Oleh maka itu usaha yang bisa dilakukan untuk melakukan konversi energi dari bahan sampah plastik adalah dengan membuat bahan bakar minyak, karena polimer plastik bisa dirubah lagi menjadi minyak bumi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang desain alat daur ulang sampah plastik dengan sistem pirolisis dengan desain sederhana, mudah dibuat dan murah sehingga bisa dibuat prototipenya.

2. METODOLOGI

Metode pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dengan melakukan survey kondisi sampah plastik di perairan Wakatobi dan analisis terhadap beberapa alat pirolisis yang pernah dibuat. Dari survey dan analisis yang dilakukan, dilanjutkan perancangan alat pirolisis yang didesain sederhana, mudah dibuat dan murah sehingga bisa dibuat oleh semua kalangan. Penelitian dilakukan pada tanggal 20 Maret s.d. 29 Mei 2019.

Lokasi survey sampah dilakukan di pulau Wangi-wangi Kab. Wakatobi, yang ditunjukkan peta pada Gambar 1. Untuk objek penelitian kali ini adalah beberapa peralatan pirolisis yang pernah dibuat oleh beberapa pihak, dan informasinya diperoleh melalui internet yang kemudian diamati untuk diambil data, serta data tersebut dijadikan sebagai acuan untuk membuat desain alat pirolisis yang akan dinamakan Pirolisis Kit. Tiga alat yang dijadikan acuan untuk membuat alat pirolisis ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1. Peta lokasi survey di perairan Wakatobi
(Sumber: Google Maps)**



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Alat pirolisis buatan:

(a) Pandji Prawisuda (Sumber : <http://www.bbc.com>, 2018); (b) Panembahan Setyapradana (Sumber : www.klikedukasi.com, 2012); dan (c) Dimas Bagus Wijanarko (Sumber : <http://m.republika.co.id>, 2018)

Dari data kondisi sampah di perairan Wakatobi dan sampel alat pirolisis, kemudian dilakukan analisis terhadap data tersebut, untuk membuat desain rancangan alat pirolisis dengan menggunakan software AutoCAD 2014.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel lokasi survey terhadap sampah plastik yang dilakukan di Wakatobi diambil di 3 lokasi, yaitu di Pelabuhan Pangulubelo, Pantai Marina dan Pasar Sentral. Lokasi survey ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3. Lokasi survey
(a) Pelabuhan Pangulubelo; (b) Pantai Marina; dan (c) Pasar Sentral**

Sedangkan analisa pencemaran sampah plastik yang ditemukan dilokasi survey di Wakatobi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sampah plastik yang ditemukan

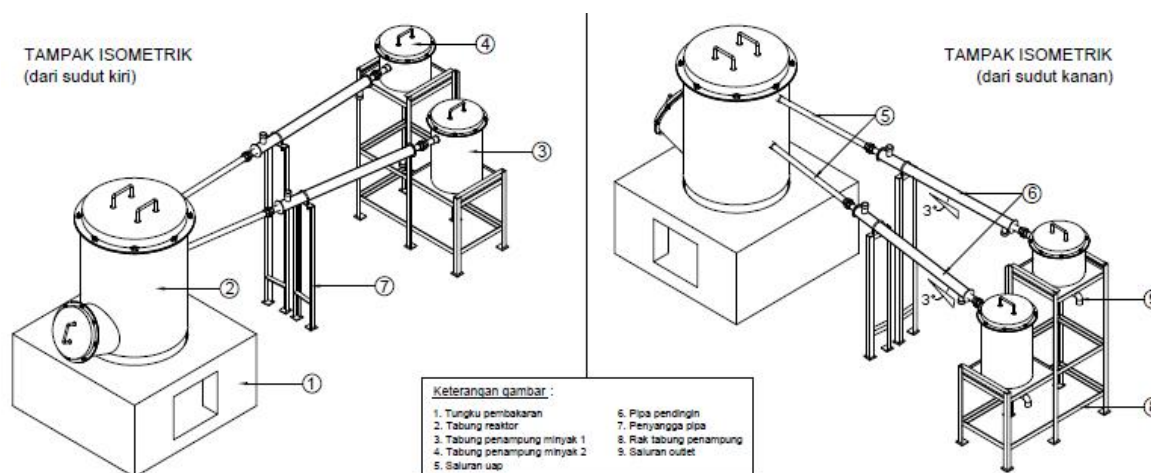
Produk		Lokasi
Tas	Tas kresek, kantong makanan	- Pelabuhan Pangulubelo - Pantai Marina - Pasar Sentral
Botol	Botol minuman, botol shampoo, botol oli	- Pelabuhan Pangulubelo - Pantai Marina - Pasar Sentral
Pembungkus	Bungkus shampoo, bungkus mie, bungkus makanan	- Pelabuhan Pangulubelo - Pantai Marina - Pasar Sentral
Alat rumah tangga	Keranjang, alat masak, alat elektronik, sedotan minuman, sendok plastik	- Pelabuhan Pangulubelo - Pantai Marina - Pasar Sentral

Dari pengamatan dan analisa terhadap 3 alat pirolisis pada Gambar 2, maka dapat dibuat data-data perbandingan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan alat pirolisis

Pembuat	Bahan alat	Suhu	Waktu minimal	Hasil	Oktan	Sampah plastik
Pandji Prawisuda	Tabung, Kondensor, Pompa Air, Akuarium, Thermocouple, Wadah Plastik	N/A	3 Menit	0,12 Liter	Setara Minyak Tanah	0,2 Kg
Panembahan Setyapradana	Kaleng, Pipa Besi, Lem Besi	N/A	20 Menit	0,5 Botol Air Mineral	Setara Minyak Tanah	0.6 Kg
Dimas Wijanarko	Bagus Tabung Reaktor, Pipa PVC	400° C	5 Menit	1 Liter	Setara Minyak Tanah	1 Kg

Dengan analisa data yang sudah diperoleh dari alat pirolisis yang telah ada, kemudian dilakukan desain rancangan alat yang akan dinamakan pirolisis kit, dengan menggunakan software AutoCAD 2014. Hasil desain rancangan pirolisis kit ditunjukkan pada Gambar 4.

**Gambar 4. Desain rancangan pirolisis kit**

Tabel 4. Kebutuhan material dan fungsinya

No.	Nama bagian	Jumlah	Spesifikasi bahan	Keterangan
1.	Tungku pembakaran	1 set	Mat.: beton Uk.: 1000 x 1000 x 400 mm	Dilengkapi dengan tatakan besi untuk penempatan tabung reaktor.
2.	Tabung reaktor	1 set	Mat.: drum minyak/BBM Uk.: 200 liter (dia. 18 inch, 27 inch)	- Untuk diisi sampah plastik yang akan dipanaskan, - Dilengkapi tutup, - Ditambahkan saluran buang, - Di sekeliling luarnya dibungkus <i>glasswool</i> dan alumunium foil.
3.	Tabung penampung minyak 1	1 set	Mat.: kaleng minyak/cat Uk.: 20 liter	- Untuk menampung minyak hasil proses pirolisis, - Dilengkapi tutup.
4.	Tabung penampung minyak 2	1 set	Mat.: kaleng minyak/cat Uk.: 5 liter	- Untuk menampung minyak hasil proses pirolisis, - Dilengkapi tutup.
5.	Saluran uap	2 set	Mat.: pipa galvanis Uk.: dia. 1 inch, 2000 mm	- Untuk mengalirkan uap dan minyak hasil proses pirolisis ke tabung penampungan, - Dipasang dengan posisi agak miring ($\pm 3^0$).
6.	Pipa pendingin	2 set	Mat.: pipa galvanis Uk.: dia. 2 inch, 1000 mm	- Untuk mendinginkan uap sehingga terbentuk minyak hasil proses pirolisis, - Berupa pipa yang diisi air (dingin), - Dipasang dengan posisi agak miring sesuai saluran uap.
7.	Penyangga pipa	2 set	Mat.: besi siku Uk.: 30 x 30 x 3 mm	Untuk menyangga pipa saluran uap dan pipa pendingin.
8.	Rak tabung penampung	1 set	Mat.: besi siku Uk.: 30 x 30 x 3 mm	Untuk menempatkan tabung penampungan minyak.
9.	Saluran outlet	2 set	Mat.: pipa, fitting, dan kran galvanis Uk.: dia. 3/4 inch	Untuk mengambil minyak hasil proses pirolisis.

Desain rancangan pirolisis kit ini menggunakan sistem kerja pirolisis, yaitu dengan memanaskan sampah plastik pada suhu tertentu tanpa oksigen, sehingga plastik mencair dan berubah menjadi fase gas/uap. Karena sampah plastik memiliki kandungan hemiselulosa dan selulosa yang dapat terdekomposisi pada temperatur antara 300°C-500°C (Rachmawati & Herumurti, 2015), maka suhu yang harus disiapkan proses pirolisis adalah pada suhu 300°C-500°C. Gas/uap hasil pemanasan ini kemudian didinginkan sehingga berubah menjadi fase cair. Fase cair inilah yang menjadi bahan bakar minyak. Desain rancangan pirolisis kit ini sangat sederhana, dimana terdiri dari sebuah tangki berukuran 200 liter sebagai reaktor, kondensor berupa pipa besi diameter 1 inch yang didinginkan dalam pipa besi diameter 2 inch yang berisi air, dan 2 buah wadah kaleng minyak/cat ukuran 20 liter dan 5 liter. Semua perangkat itu akan mereaksikan sampah plastik yang dipanaskan pada suhu sekitar 300°C-500°C sehingga menghasilkan fase gas/uap, kemudian didinginkan sampai berubah menjadi fase cair yang berupa minyak.

Cara kerja dari proses daur ulang sampah plastik menjadi BBM dengan memakai desain rancangan pirolisis kit ada 3 tahap, yaitu :

- a. Tahap awal yaitu melakukan perlakuan terhadap sampah plastik dengan :
 - Memilah sampah plastik;
 - Membersihkan dan mencuci sampah plastik;
 - Mengeringkan sampah plastik.
- b. Tahap proses yaitu melakukan pemanasan sampah plastik pada suhu 300°C-500°C hingga menghasilkan BBM dengan :
 - Memasukkan sampah plastik ke dalam tabung reaktor;
 - Menutup rapat tabung reaktor sehingga tidak ada kebocoran;
 - Memanaskan tabung reaktor di atas tungku, sampai minyak menetes di kedua ujung pipa.

- Dalam melakukan pemanasan tabung reaktor melalui pembakaran, diusahakan menggunakan bahan hasil pemilahan sampah yang mudah terbakar seperti kayu, kertas dan daun, namun apabila kurang diusahakan menggunakan bahan yang mudah dan murah untuk dibeli seperti jerami, sabut kelapa, tongkol jagung, kayu bakar dll.
- c. Tahap akhir yaitu memilah hasil minyak yang menetes dengan:
 - Menempatkan 2 wadah di kedua ujung pipa;
 - Pipa pertama yang berada di tabung reaktor bagian tengah akan menampung hasil minyak berat (mirip solar atau minyak tanah);
 - Pipa kedua yang berada di tabung reaktor bagian atas akan menampung hasil minyak yang lebih ringan (mirip bensin).

Dengan adanya desain pirolisis kit yang sederhana, mudah dibuat dan murah ini, bisa menjadi dasar oleh semua pihak untuk membuat alat konversi sampah plastik menjadi BBM, terutama sampah plastik yang ada di perairan Wakatobi.

4. KESIMPULAN

Pengelolaan sampah plastik yang baik menjadi hal yang utama saat ini untuk menjaga kelestarian ekosistem laut. Salah satu cara adalah dengan mengubah sampah plastik menjadi BBM. Sistem yang digunakan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi BBM adalah sistem pirolisis. Untuk itu dibuat desain rancangan pirolisis kit menggunakan AutoCAD 2014, dimana alat ini saat dibuat prototipenya menggunakan sistem kerja pirolisis, yaitu dengan memanaskan sampah plastik pada suhu tertentu tanpa oksigen. Desain rancangan pirolisis kit ini sangat sederhana, mudah dan murah untuk dibuat prototipenya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Isroi, (2017). Mengubah Sampah Plastik Menjadi BBM. <http://www.isroi.com/2017/11/04/mengubah-sampah-plastik-menjadi-bbm/amp>. Diakses: 21 Maret 2019, jam 13.30.
- Prasongko, D., (2018). Susi Pujiastuti : 10 Tahun Lagi Sampah Plastik Bisa 30 Juta Ton. <http://www.bisnis.tempo.co/amp/1156205/10-tahun-lagi-sampah-plastik-bisa-30-juta-ton>. Diakses: 20 Maret 2019, jam 11.30.
- Rahayu, Y. A., (2018). Menteri Susi : Bawa Botol Plastik Mineral ke KKP Kena Denda Rp 500 Ribu. <http://m.liputan6.com/amp/3735284/menteri-susi-bawa-botol-plastik-mineral-ke-kkp-kena-denda-rp-500-ribu>. Diakses: 20 Maret 2019, jam 09.10.
- Rachmawati, Q, & Herumurti, W., (2015). Pengolahan Sampah Secara Pirolisis Dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah Dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*, 4 (1), DOI (27).
- Safira, F. L., & Hendriyanto, O. C., (2017). Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Penambahan Sampah Ranting. *Jurnal Envirotek*, 9 (2), DOI (785).
- Setyapradana, P., (2012). Alat Sederhana Pengubah Sampah Plastik. <http://www.klikedukasi.com/2012/04/alat-sederhana-pengubah-sampah-plastik.html?m=1> Diakses: 21 Maret 2019, jam 12.10.
- Syamsiro, M., (2013). Mengenal Sampah Plastik Dan Penanganannya. <http://olahsampah.com/index.php/manajemen-sampah/36-mengenal-sampah-plastik-dan-penanganannya>. Diakses: 20 Maret 2019, jam 13.20.