

Pengolahan Sampah Plastik Memakai Teknologi Pirolisis Untuk Pembelajaran dan Konservasi Lingkungan di Pondok Pesantren Al-Anwar Sarang Rembang, Jawa Tengah

Fadli Kasim*

Mohammad Kholid Ridwan**

M. Yayan Adi Putra***

Departemen Teknik Nuklir & Teknik Fisika FT UGM, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia
Email: fadli@gadjahmada.edu*; kholid@gadjahmada.edu**; m.yayan.adi@mail.ugm.ac.id***

Abstrak

Jumlah santri yang mencapai 4.986 orang di ketiga Pondok Pesantren Al-Anwar menyebabkan produksi sampah di lingkungan pondok lebih dari satu ton per harinya. Sejumlah 239,93 kg sampah merupakan sampah plastik yang tidak mudah terurai di lingkungan karena sifatnya yang nonbiodegradable. Hal ini menimbulkan pencemaran lingkungan, terlebih ketika sampah dibakar di udara terbuka dan dibuang ke laut seperti metode penanganan sampah yang dilakukan oleh pengurus pondok saat ini. Dalam penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal pembelajaran pelestarian lingkungan dengan teknologi pirolisis. Penelitian dilakukan dengan membuat model mesin pirolisis Plastic to Oil Machine (PeTOM), berkapasitas 30 liter. Dengan mesin ini, minyak mulai dihasilkan pada menit ke-45 yang mana setiap 1 kg sampah plastik menghasilkan 0,4-0,49 kg minyak bakar. Potensi minyak bakar yang dihasilkan di Pondok Pesantren Al Anwar adalah 239,33 liter per hari dengan potensi ekonomi setara dengan Rp. 35.899.200,00 per bulan.

Kata Kunci: pengolahan; sampah plastik; bahan bakar; pendidikan; petom

Abstract

The number of students who reached 4,986 people in the three Pondok Pesantren Al Anwar cause waste production in the cottage neighborhood more than one ton per day. A total of 239.93 kg of waste is a plastic waste that is not easy to decompose in the environment because it is nonbiodegradable. This causes environmental pollution, especially when garbage is burned in the open air and discharged into the sea such as methods of handling waste made by the current cottage board. In this study is expected to be the first step of environmental conservation learning with pyrolysis technology. The research was done by making the model of pyrolysis machine of Plastic to Oil Machine (PeTOM), with 30 liters capacity. With this engine, oil began to be produced in the 45th minute of which every 1 kg of plastic waste produced 0.4-0.49 kg of fuel oil. The potential of fuel produced at Pondok Pesantren Al Anwar is 239.33 liters per day with economic potential equivalent to Rp. 35.899.200,- per month.

Keywords: processing; plastic waste; fuel; education; petom

A. Pendahuluan

Pondok pesantren Al Anwar sudah berdiri sejak beberapa tahun lalu di daerah Sarang, Rembang, Jawa Tengah. Pondok ini terdiri dari tiga kawasan: pondok pesantren Al Anwar 1, pondok pesantren Al Anwar

2, dan pondok pesantren Al Anwar 3. Dalam perkembangannya, jumlah santri masing-masing pondok mengalami peningkatan hampir untuk tiap tahunnya. Jumlah santri pondok pesantren Al Anwar 2 pada tahun ajaran 2015/2016 saja sudah mencapai 1480 orang. Semakin banyak santri yang datang ke pondok pesantren Al Anwar berbanding lurus terhadap peningkatan kuantitas sampah terutama sampah plastik. Peningkatan kuantitas sampah plastik sangat terlihat saat bulan puasa karena banyak kegiatan di pondok.

Tempat Pembuangan Sementara (TPS) hanya terdapat pada kawasan Pondok Pesantren Al Anwar 2 dan 3. Satu TPS tersebut tidak dapat menampung sampah yang berasal dari kedua pondok, sehingga seringkali menyebabkan kondisi sampah yang menumpuk bahkan sampai ke luar dari TPS. Hal ini menimbulkan dampak sosial ke masyarakat karena sampah yang sangat banyak mengeluarkan bau yang tidak sedap. Selain itu ada permasalahan lain yang muncul saat sampah hanya dibakar begitu saja oleh pengelola pondok, yaitu emisi gas-gas beracun HCl, HCN, maupun NOx yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat sekitar.

Lokasi Pondok Pesantren Al Anwar 1 yang berada di kawasan padat penduduk berdampak pada tidak adanya penyediaan TPS. Hal ini berpengaruh terhadap pola pembuangan sampah yang tergolong sembarangan, bahkan sebagian besar sampah dibuang ke laut karena jaraknya yang sangat dekat sekitar 111 meter. Adanya kebiasaan membuang sampah ke laut, dampak negatif yang saat ini terlihat adalah pencemaran air laut.

Konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar adalah solusi ekonomis dan ramah terhadap lingkungan. Proses konversi ini selanjutnya disebut dengan proses pirolisis. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, sehingga dapat dikembalikan ke bentuk semula. Selain itu plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar.

Jumlah total santri pondok pesantren Al Anwar (1, 2, dan 3) sampai saat ini adalah 4986 orang. Apabila rata-rata setiap santri menghasilkan sampah sebanyak 0,4 kg per hari dengan 15% - 25% merupakan sampah plastik, maka sampah plastik yang dihasilkan sekitar 0,3 ton sampai 0,5 ton per hari. Kuantitas ini menjadi peluang sangat menarik bagi kampus UGM untuk menerapkan hasil karya penelitian berupa modul teknologi pirolisis yang sederhana dengan pengoperasian yang mudah. Harapannya ke depan adalah pihak pengelola pondok pesantren dapat melakukan pengolahan sampah secara mandiri sehingga permasalahan sampah yang saat ini muncul segera terselesaikan.

Pengelolaan sampah pondok pesantren Al Anwar 2 dan 3 selama ini masih secara konvensional, yaitu sebagian besar sampah di TPS hanya dibakar begitu saja dan sebagian kecil sampah diangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA). Tidak adanya TPS di kompleks pondok pesantren Al Anwar 1 menyebabkan pengelolaan sampah tidak terkontrol, bahkan cenderung sampah dibuang sembarangan ke laut. Hal ini memberikan dampak negatif terhadap kondisi lingkungan dan kualitas air laut.

Produksi sampah per hari diprediksi mencapai setengah ton per hari dikaitkan dengan banyaknya jumlah santri yang belajar di Pondok Pesantren Al Anwar. Produksi sampah sebesar ini sangat susah dikendalikan dan perlu adanya penanaman pemahaman kepada santri mengenai dampak lingkungan akibat permasalahan sampah.

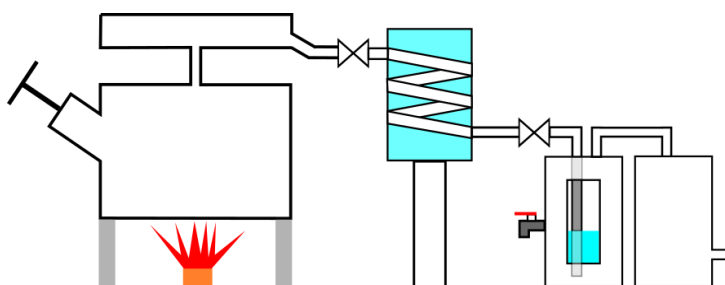
Tujuan dari kegiatan ini adalah Memasyarakatkan teknologi pirolisis secara sederhana dan handal dalam rangka pengolahan sampah plastik menjadi sebuah bahan bakar minyak ramah lingkungan yang memiliki nilai ekonomis.

Tujuan khusus ialah membina pengelola pondok pesantren dan masyarakat sekitar agar dapat menguasai teknik pengelolaan, pengolahan, dan pemanfaatan sampah plastik sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu juga sebagai proyek percontohan pondok pesantren yang peduli terhadap lingkungan dan paham dengan pengelolaan sampah khususnya sampah plastik. Program ini nantinya dapat dikembangkan ke pengelolaan sampah organik dan anorganik lainnya.

B. Metodologi Pelaksanaan

1. Teknologi yang digunakan

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor jenis *semi batch* yang mana *feed* berupa sampah plastik akan dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian reaktor ditutup dan dipanaskan. Hasil keluaran akan terus mengalir selama proses pemanasan ke bagian pipa pendingin dan tabung distilat. Di dalam tabung distilat produk gas akan terpisah menjadi dua, yaitu gas yang dapat terkondensasi dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Di dalam tabung distilat, gas yang terkondensasi akan berubah menjadi minyak, sedangkan gas yang tidak dapat terkondensasi akan mengalir ke tabung penyaring. Di dalam tabung penyaring, partikel-partikel pencemar akan ditangkap oleh penyaring udara sehingga gas keluaran menjadi lebih bersih.

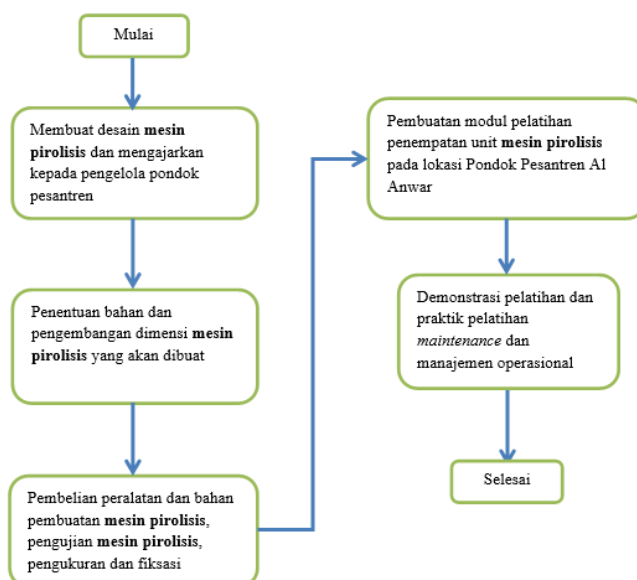


Gambar 1. Skema mesin pirolisis.

2. Alur kegiatan.

Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika UGM berkomitmen secara terus menerus untuk menyebarkan pengetahuan tentang konsep konservasi energi kepada masyarakat sehingga produk ini semakin bisa diterima masyarakat. Dengan adanya sosialisasi di Pondok Pesantren al Anwar, diharapkan penyebaran pengetahuan mengenai konservasi energi berjalan dengan skema piramida. Santri diharapkan dapat menularkan pengetahuannya kepada masyarakat setelah mereka kembali ke daerah masing-masing.

Adapun alur kegiatan pada pelaksanaan kegiatan ini diterangkan oleh alur bagan sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Kegiatan.

C. Hasil dan Pembahasan

Plastik dan Warga Pondok Pesantren Al Anwar

Plastik merupakan bahan yang sangat sulit tergantikan untuk berbagai kebutuhan masyarakat sehari-hari seperti tas, produk-produk elektronik, mainan, otomotif, kemasan makanan, dan lain-lain. Kebutuhan plastik akan terus meningkat mengingat sifat-sifat plastik antara lain ringan, fleksibel, kuat, tahan terhadap korosi, transparan dan mudah diwarnai, serta sifat insulasinya yang cukup baik sehingga secara otomatis produksi sampah plastik akan terus meningkat dari tahun ke tahun.

Proses daur ulang (*recycling*) menjadi populer saat ini dan berprospek ke depan. Dengan mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM), tidak hanya mengatasi persoalan jumlah sampah plastik saja, tetapi juga dapat memproduksi bahan bakar untuk kebutuhan energi kita. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi. Keuntungan sampah plastik adalah tidak menyerap air, sehingga kadar airnya sangat rendah dibandingkan dengan sampah yang lain, misal kertas, sisa makanan dan biomassa. Di sisi lain, plastik juga mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar.

Mesin pirolisis dengan ukuran lebih kecil dan 3 penyangga tabung pemampatan dijadikan uji perantara sebelum mendesain mesin pirolisis dalam model mesin pirolisis satu tiang pendingin. Perlu diketahui bahwa salah satu persoalan dalam aplikasi model pirolisis saat ini adalah sulitnya tercapainya suhu pengurai sampah plastik sesuai dengan teori sehingga sulit terbentuk minyak di tabung penyuling. Salah satu penyebab yang memungkinkan ialah terdapat perbedaan ukuran tempat pembakaran dengan besarnya pemanas burner yang digunakan. Dimana ukuran tempat pembakar tidak sebanding dengan panas burner yang tersedia. Maka untuk mengurangi perbedaan tersebut dilakukanlah memperkecil ukuran tempat pembakar. Proses pembuatan mesin pirolisis dengan ukuran kecil dan menggunakan tiang penyangga tabung pemampatan sebagai berikut:



Gambar 3. Mesin pirolisis ukuran kecil.

Uji test performansi dan tingkat optimasinya

Prototipe mesin pirolisis dengan ukuran tempat pembakar lebih kecil dan tiga penyangga tabung pemampatan dicoba di laboratorium energi Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika UGM. Dalam hal ini mesin pirolisis diuji optimasinya dan berapa suhu maksimal bisa terwujud dalam tempat pembakar.

Hasil dari pengujian ini menunjukkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Suhu yang dapat diwujudkan di dalam tempat pembakar plastik berkisar 150°C – 190°C .
2. Dalam rentang suhu tersebut belum terbentuk minyak di tabung penyuling.

3. Saat suhu melebihi 190°C terjadi uap panas yang besar keluar dari tabung penyuling. Uap panas ini merusak tabung penyuling yang terbuat dari pipa plastik PVC.

Desain Plastik to Oil Machine (PeTOM)

Sebagai upaya elaborasi dan eksplorasi, dalam program PPM TTG UGM ini dibuat model PeTOM. Model PeTOM dengan volume ruang pirolisis 30 liter dan tabung pemampatan horisontal dimana terdapat satu keluaran gas menuju tabung kondensasi. Karena berdasarkan uji coba ternyata temperatur dekomposisi tidak pernah tercapai dengan satu burner, maka dilakukan penambahan satu burner lagi yang mana penambahan burner menyebabkan temperatur dekomposisi tercapai. Pada desain mesin pirolisis ini menggunakan satu tiang penyangga yang berfungsi menghubungkan antara reaktor dengan tabung kondenser udara. Perubahan dari tiga tiang menjadi satu tiang didasarkan bahwa pada saat penggunaan tiga tiang, maka debit udara yang mengalir sangat besar yang menyebabkan tabung distilasi meleleh. Oleh sebab itu, hanya satu tiang penyangga yang dioperasikan, sedangkan tiang yang lain dimatikan fungsinya, baik dengan cara memotong tiang atau menyumbat tiang sehingga tidak ada aliran udara yang mengalir di pipa yang dimatikan.

Dari beberapa kali proses uji coba, minyak mulai dihasilkan pada menit ke-45 setelah proses pembakaran dimulai. Rata-rata setiap 1 kg sampah plastik menghasilkan 0,4-0,49 liter minyak bakar. Dengan potensi minyak dari sampah plastik di PP Al Anwar sebesar 239, 33 liter, maka potensi untuk satu bulan sebesar Rp 35.899.200,00.

Sosialisasi Demonstrasi ke Warga Pondok Pesantren Al Anwar

Kegiatan yang dilakukan setelah mesin pirolisis selesai dibuat adalah melakukan sosialisasi dan serah terima mesin pirolisis di Pondok Pesantren Al Anwar Rembang. Sosialisasi dilaksanakan pada tanggal 5 November 2016 di Mushala Al Anwar. Sosialisasi dilaksanakan dalam dua sesi yaitu sesi diskusi & serah terima mesin dan sesi demonstrasi mesin pirolisis. Untuk kegiatan diskusi dihadiri oleh perwakilan santri dan tenaga pengajar sejumlah kurang lebih 40 orang. Untuk kegiatan demonstrasi dihadiri oleh seluruh santri dan seluruh tenaga pendidik Pondok Pesantren Al Anwar Rembang.

Pada sesi pertama, diskusi dilaksanakan di ruang utama Mushala Al Anwar. Dalam kegiatan ini para peserta antusias memperhatikan penjelasan tim peneliti mengenai mesin pirolisis. Setelah tim peneliti menjelaskan, banyak pertanyaan yang dilontarkan oleh guru dan santri mengenai teori, cara pembuatan, dan teknis operasional.

Pada sesi kedua, demonstrasi alat dilakukan di teras Mushala Al Anwar. Pada sesi ini peserta yang sudah penasaran dengan mesin pirolisis tidak sabar untuk melihat mesin pirolisis. Meskipun menemukan beberapa kendala, namun demonstrasi berjalan lancar. Sambil menunggu pembentukan minyak, tim kembali menjelaskan bagian-bagian yang tidak disampaikan di sesi pertama. Meskipun cuaca di Rembang panas dan tidak sedikit santri yang berada di bawah terik matahari, hal tersebut tidak menurunkan antusiasme peserta untuk menunggu terbentuknya minyak. Hal ini terlihat dari banyaknya pertanyaan yang baru muncul pada saat demonstrasi mesin pirolisis. Setelah setengah jam pembakaran akhirnya minyak mulai terbentuk.



Gambar 4. Demonstrasi alat dilakukan di teras Mushala Al Anwar.

Pembelajaran dan Konservasi Lingkungan

Dalam kegiatan sosialisasi santri diajarkan mengenai pentingnya menjaga kelestarian lingkungan yang mana bumi yang ditempati tidak hanya ditempati oleh satu generasi saja, namun oleh generasi selanjutnya juga. Mesin pirolisis ini merupakan awal dari proses penyadaran masyarakat akan pentingnya kesadaran lingkungan melalui santri dengan cara mendaur ulang plastik menjadi sesuatu yang bermanfaat dan memiliki nilai jual.

Selain digunakan sebagai alat pembelajaran, unit yang dihibahkan kepada Pondok Pesantren Al Anwar Rembang juga digunakan untuk mengatasi permasalahan sampah yang ada di pondok. Jumlah santri yang berada di ketiga pondok sebanyak 4.986 orang santri menghasilkan sekitar setengah ton sampah setiap harinya. Sampah sampah yang menumpuk kemudian dibakar atau dibuang di laut. Pembakaran sampah terutama sampah plastik secara langsung akan menghasilkan gas HCl, NO_x, dan dioksin yang berbahaya bagi kesehatan. Pembuangan sampah ke laut juga menyebabkan pencemaran yang dapat menyebabkan pencemaran laut dan membunuh plankton yang merupakan makanan bagi ikan. Akibatnya ikan kekurangan makanan dan jumlah ikan berkurang. Berkurangnya jumlah ikan merugikan nelayan yang merupakan mata pencaharian utama masyarakat di sekitar pondok pesantren. Dengan penggunaan mesin pirolisis ini diharapkan nilai pencemaran lingkungan dapat dikurangi, khususnya di lingkungan Pondok Pesantren Al Anwar Rembang.

D. Kesimpulan dan Saran

1. Dalam penelitian ini telah dibuat sebuah model mesin pirolisis yang mampu mengubah sampah plastik menjadi minyak.
2. Ada parameter yang dapat dikontrol secara mudah dan dapat dilakukan oleh masyarakat, yaitu temperatur, tekanan, ukuran masukan, dan lamanya pembakaran. Selain parameter-parameter tersebut, maka tidak dapat dikontrol di lapangan, terutama oleh masyarakat. Parameter-parameter yang dimaksud adalah transfer panas dari mesin ke lingkungan, temperatur lingkungan, cuaca, dan lain-lain.
3. Mesin pirolisis PeTOM mampu mengubah sampah plastik menjadi minyak pada menit ke-45 dan jumlah minyak yang dihasilkan sebesar 0,4-0,49 liter per kilogram sampah plastik yang dimasukkan.
4. Belum dilakukan uji laboratorium terhadap hasil produk minyak sehingga belum diketahui kualitas minyak yang dihasilkan.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Departemen Teknik Nuklir & Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah memfasilitasi penelitian ini. Kami ucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terutama pimpinan Pondok Pesantren Al Anwar Rembang yang telah bersedia bekerjasama dalam penelitian dan pengabdian ini.

Daftar Pustaka

- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K. 2011. *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*. Resources Conservation and Recycling, 55(11) pp. 893–910.
- Budiyantoro, C. 2010. *Thermoplastik dalam Industri*, Teknik Media, Surakarta.
- Budi Suro. Untoro. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik, 3(1).
- Mulyadi, E. 2004. *Termal Dekomposisi Sampah Plastik*. Jurnal Rekayasa Perencanaan, ISSN 1829-913x, Vol 1.
- Billmeyer, F.W. 1971. "*Textbook of Polymer Science*". Mc.Graw Hill, pp. 361-366
- Saptoadi Harwin and Nosal N. Pratama. 2015. *Utilization of Plastics Waste Oil as Partial Substitute for Kerosene in Pressurized Cookstoves*. International Journal of Environmental Science and Development, 6(5).