

Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)

Journal homepage: <http://e-journal.janabradra.ac.id/index.php/JMST>

Original Article

Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Sebagai Bahan Baku Mesin Pirolisis Skala Komunal

Mochamad Syamsiro^{1,2*}, Arip Nur Hadiyanto¹, Zahrul Mufrodi²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabradra, Jl. T.R. Mataram 57 Yogyakarta 55231

² Center for Waste Management and Bioenergy, Universitas Janabradra, Jl. T.R. Mataram 57 Yogyakarta 55231

² Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Prof. Dr. Soepomo Yogyakarta 55164

*Corresponding author :

E-mail: syamsiro@janabradra.ac.id

Abstract – *Design and fabrication of plastic shredding machine has been conducted to supply the feedstock for pyrolysis of waste plastics to produce liquid oil. The machine has a capacity of 20-30 kg/h depending on the plastic type and thickness. We propose the integrated system for pyrolysis of waste plastics in small or medium scale which utilize our product as a source of energy for pyrolysis and shredding machine. The gaseous and solid products can be used for pyrolysis while the liquid oil will be used for powering the shredding machine. The excess liquid oil can be used as a fuel for household and small enterprise by employing pressurized cooking stove. The preliminary test shows that the shredding machine can be used for crushing PET bottle smoothly with the capacity of 14 kg/h. The capacity can be increased by adding the material input and by employing water to push the shredded plastic flowing down.*

Keywords – *Waste plastics; Shredding machine; Pyrolysis; Recycling bank.*

1. Pendahuluan

Plastik merupakan salah satu jenis sampah yang volumenya semakin meningkat dari tahun ke tahun. Seiring dengan perkembangan ekonomi, maka penggunaan plastik akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan oleh keunggulan plastik dibanding dengan jenis material yang lain seperti ringan, kuat, tahan korosi, sifat insulasi yang baik dan mudah diwarnai. Di Yogyakarta, ada sekitar 9,98% sampah plastik dihasilkan dari total sampah yang dibuang di tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Piyungan (Syamsiro, 2015a). Jumlah tersebut belum termasuk plastik yang dikumpulkan di tingkat bank sampah dan para pemulung.

Karakteristik sampah plastik yang berbeda dengan sampah organik adalah sulitnya terurai di dalam tanah, diperlukan waktu puluhan atau ratusan tahun agar dapat terdegradasi sempurna. Oleh karena itu, penanganan sampah plastik dengan sistem *landfill* maupun *open dumping* bukan merupakan pilihan yang tepat. Penggunaan

teknologi insinerasi dengan cara dibakar juga tidak tepat karena akan menghasilkan polutan ke udara sehingga menyebabkan persoalan lingkungan. Untuk meminimalisasi dampak lingkungan dari sampah plastik, maka material ini harus didaur-ulang untuk mendapatkan kembali produk plastiknya ataupun untuk menghasilkan produk lain yang bernilai ekonomi. Ada beberapa metode untuk mendaur-ulang sampah plastik ini yaitu *mechanical recycling*, *feedstock recycling* dan *energy recovery* (Al-Salem et al., 2009).

Feedstock atau *chemical recycling* merupakan teknologi yang lebih maju dimana sampah plastik dikonversi menjadi molekul dengan ukuran yang lebih kecil berbentuk cairan maupun gas dengan teknologi pirolisis untuk memproduksi bahan bakar maupun zat-zat kimia. Plastik adalah salah satu produk turunan dari minyak bumi. Oleh karena itu, plastik mempunyai kandungan energi yang tinggi seperti bahan bakar pada umumnya seperti bensin, solar dan minyak tanah.

Oleh karena itu, mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar dengan teknologi pirolisis merupakan pilihan yang sangat prospektif untuk daur-ulang plastik yang tidak dapat didaur-ulang secara mekanis karena pertimbangan keekonomian. Untuk memaksimalkan kapasitas reaktor di dalam proses pirolisis, maka densitas plastik yang sangat rendah harus ditingkatkan, salah satu caranya adalah dengan dilakukan pencacahan terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam reaktor. Tujuan dari makalah ini adalah untuk membuat rancang bangun mesin pencacah plastik sebagai bagian dari sistem pirolisis terintegrasi yang akan diimplementasikan pada skala komunal bank sampah.

2. Sistem Pirolisis Sampah Plastik Terintegrasi

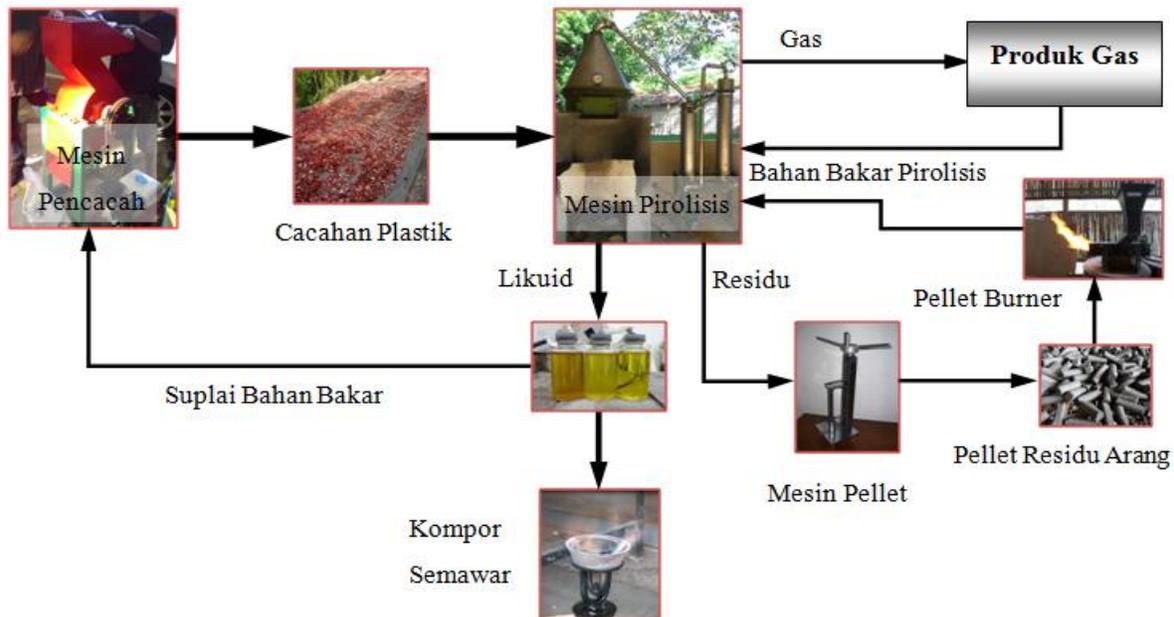
Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan-bahan polimer seperti plastik dengan pemanasan tanpa melibatkan oksigen di dalamnya. Proses ini umumnya berlangsung pada temperatur antara 400-800 °C tergantung dari jenis plastik dan target produknya. Produk dari pirolisis ini terdiri dari fraksi gas, cair dan residu padatan. Pada suhu tersebut, plastik akan meleleh dan kemudian berubah menjadi gas. Pada saat proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar, baik berupa bensin maupun bahan bakar diesel (Syamsiro, 2015b).

Penelitian pirolisis sampah plastik telah dilakukan oleh banyak peneliti meliputi pirolisis non katalitik (Surono dan Ismanto, 2016; Sharma et al., 2014), pirolisis katalitik (Seo et al., 2003) dan kombinasi pirolisis dan reformasi

katalitik (Syamsiro et al., 2014; Syamsiro et al., 2013; Aguado et al., 2007). Tantangan di dalam pengembangan pirolisis sampah plastik di negara berkembang seperti Indonesia adalah bagaimana mendesain teknologi yang murah dan mudah difabrikasi, serta menggunakan sumber energi mandiri atau tersedia melimpah. Implementasi teknologi ini lebih difokuskan pada skala kecil dan menengah dengan melihat karakteristik pengelolaan sampah plastik saat ini yang melibatkan bank sampah di tingkat desa atau dusun.

Sistem pirolisis sampah plastik terintegrasi yang akan dikembangkan terdiri dari beberapa bagian utama yaitu mesin pencacah, mesin pirolisis, mesin pellet arang dan burner. Skema lengkap dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1. Mesin pencacah berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel dari sampah plastik sebelum dimasukkan ke dalam mesin pirolisis dengan tujuan untuk memaksimalkan kapasitas reaktor. Sumber energi yang digunakan untuk pemanasan mesin pirolisis diambil dari gas dan residu padatan hasil pirolisis. Apabila masih belum mencukupi, maka ditambahkan dari minyak hasil pirolisis.

Pemanfaatan gas dilakukan secara langsung dengan cara menyalurkan gas tersebut ke ruang pembakaran di bagian bawah reaktor. Sedangkan residu padatan terlebih dahulu dilakukan pembriketan menjadi pellet sebagai umpan burner. Kebutuhan angin pada burner bisa diperoleh dari pemanfaatan energi surya melalui panel surya skala kecil. Sebagian minyak hasil pirolisis dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin pencacah. Sehingga di dalam sistem ini tidak ada lagi suplai energi dari luar. Energi tambahan hanya diperlukan pada saat pertama kali dijalankan, setelah itu sistem dapat bekerja secara mandiri.



Gambar 1. Konsep Integrasi Sistem Pirolisis Sampah Plastik.

Minyak hasil pirolisis dapat dimanfaatkan untuk skala rumah tangga maupun usaha kecil dan menengah (UKM) dengan memanfaatkan kompor semawar atau ngowos, salah satu jenis kompor yang biasanya menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakarnya. Dengan sistem terintegrasi ini, permasalahan sampah plastik dapat diselesaikan dengan tanpa membutuhkan energi tambahan dari luar sekaligus mendapatkan minyak plastik yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat.

3. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan perancangan dan fabrikasi mesin pencacah plastik skala komunal bank sampah. Rancangan mesin ini dibuat dengan kapasitas produksi 20-30 kg/jam, sehingga mesin ini dapat digunakan secara bersama-sama oleh beberapa bank sampah dalam satu kawasan. Energi masukan untuk mesin ini dirancang menggunakan mesin diesel/bensin, hal ini karena pertimbangan operasional dimana kalau menggunakan sumber energi listrik, kemungkinan kapasitas listrik yang ada di bank sampah tidak mampu mensuplai sesuai kapasitas mesin.

Perancangan mesin dilakukan per bagian dari keseluruhan unit mesin untuk kemudian dilakukan perakitan. Bagian-bagian mesin tersebut meliputi :

- Unit masukan material plastik
- Unit pencacah
- Unit keluaran plastik cacahan
- Unit motor penggerak
- Unit transmisi daya

Pertimbangan utama dalam perancangan ini adalah kemudahan mendapatkan material, biaya yang semurah mungkin, kemudahan fabrikasi sehingga dapat dikerjakan oleh bengkel lokal, dan kemudahan perawatan. Setelah dilakukan perancangan seluruh unit yang ada kemudian dilanjutkan dengan fabrikasi semua unit.

Setelah selesai fabrikasi kemudian dilanjutkan dengan pengujian awal mesin pencacah untuk memastikan operasional mesin berjalan baik. Pengujian awal dilakukan dengan plastik jenis botol minuman PET. Pengukuran putaran mesin dilakukan menggunakan digital tachometer. Berat plastik diukur menggunakan timbangan digital, sedangkan waktu pengujian diukur menggunakan digital timer.

4. Hasil dan Pembahasan

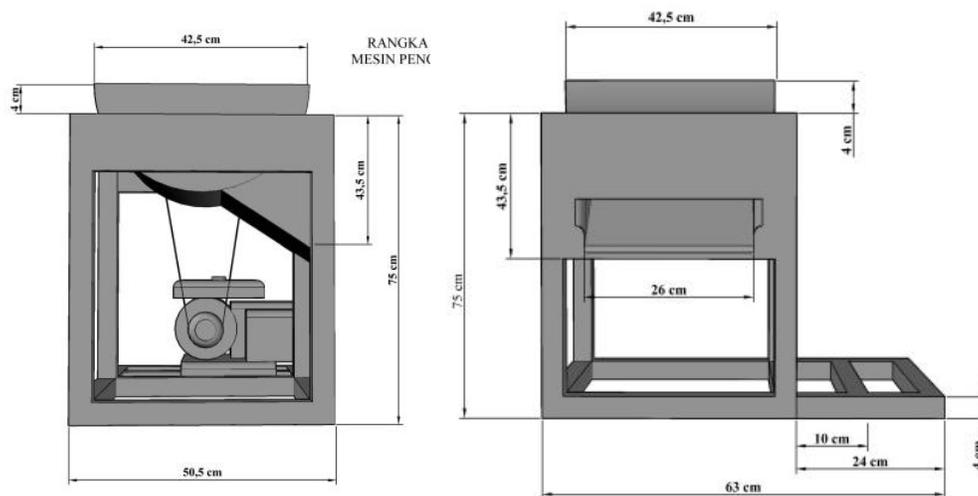
4.1 Rancangan Mesin Pencacah Plastik

Prinsip kerja dari mesin pencacah plastik ini dengan menggerakkan pisau putar menggunakan motor bensin. Rancangan ini berbeda dengan yang telah dilakukan oleh Nur at al. (2014) yang menggunakan sistem crusher dan silinder pemotong tipe reel. Daya dari mesin ini ditransmisikan menggunakan puli dan sabuk. Fungsi puli untuk mereduksi putaran mesin sesuai dengan kebutuhan. Material sampah plastik yang sudah dibersihkan dimasukkan ke dalam mesin melalui corong masukan hingga mengenai pisau pencacah. Cacahan plastik kemudian keluar melalui saringan bawah dan corong keluaran.

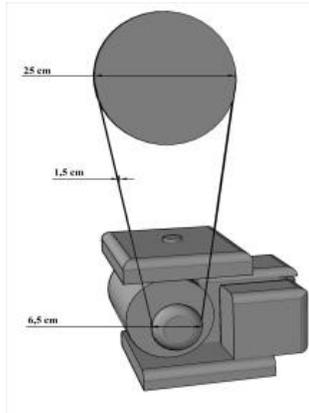
Ada beberapa komponen yang dimiliki mesin pencacah ini. Adapun komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

a. Rangka

Rangka berfungsi sebagai penyangga dan tempat dipasangnya komponen-komponen mesin seperti motor bensin, pisau pencacah, bantalan dan casing atas. Desain rangka dirancang untuk dapat menahan beban komponen-komponen tersebut. Hasil rancangan rangka dapat dilihat pada Gambar 2. Rangka bagian samping digunakan sebagai dudukan motor bensin.



Gambar 2. Desain rangka mesin pencacah plastik



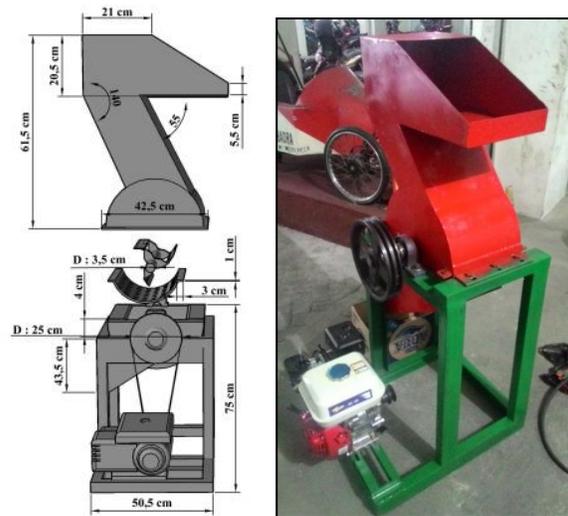
Gambar 6. Desain puli dan motor penggerak

Setelah rancangan mesin pencacah plastik dibuat, kemudian dilanjutkan dengan proses fabrikasi. Hasil fabrikasi mesin pencacah plastik dapat dilihat pada Gambar 7. Fabrikasi dilakukan di bengkel lokal yang telah berpengalaman membuat berbagai macam mesin. Proses pembuatan mesin ini relatif cepat karena tidak ada bagian yang sulit dikerjakan dan hal ini menjadi pertimbangan di awal ketika melakukan proses desain dan perancangan.

4.2 Pengujian Mesin

Pengujian mesin pencacah plastik dilakukan untuk mengetahui apakah mesin hasil rancangan dan fabrikasi ini dapat berfungsi sesuai dengan harapan. Kalau masih ada yang tidak sesuai maka dilakukan modifikasi dan perbaikan pada bagian yang dimaksud. Hasil pengujian menggunakan sampel botol minuman PET menunjukkan bahwa mesin dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. Pengujian dilakukan pada putaran poros tanpa beban sebesar 450 rpm. Pada saat proses pencacahan putaran poros berkurang menjadi sekitar 350-380 rpm. Hal ini

diakibatkan oleh adanya pembebanan pada pisau-pisaunya untuk memotong plastik-plastik besar menjadi bentuk cacahan.



Gambar 7. Hasil rancangan dan fabrikasi mesin pencacah plastik

Hasil pengujian singkat ini menghasilkan kapasitas produksi sebesar 14 kg/jam. Rendahnya kapasitas diakibatkan karena pengujian dilakukan pada sampel yang sedikit, sehingga pada akhir proses plastik tidak dapat tercacah dengan baik untuk kemudian turun keluar mesin. Seharusnya cacahan plastik mendapatkan tekanan dari plastik yang baru dimasukkan sebagai akibat penuhnya volume ruang pencacahan, sehingga otomatis plastik akan dengan mudah keluar. Peningkatan kapasitas juga dapat dilakukan dengan bantuan air untuk mendorong plastik keluar lebih cepat.

Tabel 1. Data pengujian awal mesin pencacah plastik

Material	Berat (gram)	Waktu (menit)	Putaran poros tanpa beban (RPM)	Putaran poros saat pencacahan (RPM)	Produksi (kg/jam)
Botol Minuman PET	700	3	450	350-380	14

5. Kesimpulan

Desain dan fabrikasi mesin pencacah plastik telah dilakukan untuk mensuplai bahan baku pada proses pirolisis sampah plastik. Mesin dirancang dengan kapasitas 20-30 kg/jam tergantung dari tipe dan ketebalan plastik. Sistem pirolisis terintegrasi telah diusulkan untuk dikembangkan. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian utama yaitu mesin pencacah, mesin pirolisis, mesin pellet arang dan burner. Mesin pencacah berfungsi untuk

memperkecil ukuran partikel dari sampah plastik sebelum dimasukkan ke dalam mesin pirolisis dengan tujuan untuk memaksimalkan kapasitas reaktor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin dapat bekerja dengan baik pada kapasitas 14 kg/jam. Peningkatan kapasitas dapat ditingkatkan dengan menambah masukan plastik dan mengalirkan air untuk mendorong plastik keluar lebih cepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristekdikti yang telah membiayai kegiatan ini melalui skema Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Tahun 2016. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bank Sampah Mekar Jaya 8 dan Bank Sampah Bersemi Kabupaten Bantul atas kerjasamanya dalam implementasi program pengabdian masyarakat ini.

Daftar Pustaka

- Aguado, J., Serrano, D.P., San Miguel, G., Castro, M.C., Madrid, S. (2007) *Feedstock Recycling of Polyethylene in A Two-Step Thermo-Catalytic Reaction System*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 79, pp. 415-423.
- Al-Salem, S.M., Lettieri, P., Baeyens, J. (2009) *Recycling and Recovery Routes of Plastic Solid Waste (PSW): A Review*, Waste Management, 29, pp. 2625-2643.
- Nur, I., Nofriadi, Rusmardi (2014) *Pengembangan Mesin Pencacah Sampah/Limbah Plastik dengan Sistem Crusher dan Silinder Pemotong Tipe Reel*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 12 November, Surakarta.
- Seo, Y.H., Lee, K.H., Shin, D.Y. (2003) *Investigation of Catalytic Degradation of High-Density Polyethylene by Hydrocarbon Group Type Analysis*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 70, pp. 383-398.
- Sharma, B.K., Moser, B.R., Vermillion, K.E., Doll, K.M., Rajagopalan, N. (2014) *Production, Characterization and Fuel Properties of Alternative Diesel Fuel from Pyrolysis of Waste Plastic Grocery Bags*, Fuel Processing Technology 122, pp. 79-90.
- Syamsiro, M. (2015a) *Effect of Catalytic Reforming on Pyrolytic Oil Production from Waste Plastics*, Ph.D thesis, Tokyo Institute of Technology, Japan.
- Syamsiro, M. (2015b) *Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolysis Sampah Plastik*, Jurnal Teknik, Vol. 5, No. 1, pp. 47-56.
- Syamsiro, M., Cheng, S., Hu, W., Saptoadi, H., Pratama, N.N., Trisunaryanti, W., Yoshikawa, K. (2014) *Liquid and Gaseous Fuels from Waste Plastics by Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Processes over Indonesian Natural Zeolite Catalysts*, Waste Technology, 2(2), pp. 44-51.
- Syamsiro, M., Hu, W., Komoto, S., Cheng, S., Noviasri, P., Prawisudha, P., Yoshikawa, K. (2013) *Co-production of Liquid and Gaseous Fuels from Polyethylene and Polystyrene in A Continuous Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming System*, Energy and Environment Research, Vol. 3 No. 2, pp. 90-106.
- Surono, U.B., Ismanto (2016) *Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya*, Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, Vol. 1 (1), pp. 32-37.