

Rancang Bangun Alat Pelebur Sampah Plastik Jenis PET Berbahan Bakar Oli Bekas

Achmad Hata¹, Ilham Azmy^{2*}, Hilman Dwi Adityo³, Murhaban⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

⁴Jurusan Teknologi Informasi, Universitas Teuku Umar

Jln. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung Barat 40559, Indonesia

*e-mail: ilham.azmy@polban.ac.id

Abstrak

Bertambahnya jumlah populasi manusia di dunia cenderung menambah jumlah produksi sampah yang dihasilkan. Sampah yang belum dapat diolah dikarenakan beberapa keterbatasan, tentunya menyebabkan timbunan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) semakin meningkat. Berdasarkan data pada tahun 2020 tercatat 67,8 juta ton timbunan sampah yang ada di Indonesia. Sampah yang dihasilkan memiliki waktu terurai yang cukup lama, khususnya sampah anorganik. Sampah anorganik yang paling banyak digunakan ialah sampah plastik jenis Polietilena Tereftalat (PET). Untuk mengurangi timbunan sampah plastik PET tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan proses rancang bangun alat pelebur sampah plastik jenis PET. Metode untuk proses rancang bangun tersebut menggunakan teknik perancangan yang dilanjutkan dengan proses pembuatan alat pelebur sampah plastik PET. Hasil dari penelitian ini berupa alat pelebur sampah jenis PET yang memiliki dimensi 553 x 565 x 886 milimeter yang menggunakan limbah oli bekas sebagai bahan bakar utamanya. Alat ini dapat bekerja dari hasil pembakaran oli bekas dan uap jenuh yang dihasilkan dari proses pendidihan air. Kalor yang dihasilkan dari pembakaran oli bekas memiliki nilai 182,2 kJ dan uap jenuh 141,512 J/s. Uap jenuh yang dihasilkan dari pendidihan air akan meningkatkan tekanan dan suhu dari proses pembakaran oli pada pipa keluaran api yang secara langsung memanaskan ruang peleburan. Dengan demikian, alat pelebur sampah plastik PET ini diharapkan akan dapat mengurangi jumlah timbunan sampah plastik yang ada di lingkungan sekitar.

Kata kunci—Sampah Plastik PET, Alat Pelebur Sampah, Perancangan, Pembuatan

Abstract

Numerous of human population tends to increase the whole waste production. The waste has not been processed due to several limitations and causes to heap in the waste landfill. Based on the data in 2020, the waste heap in Indonesia reach to 67,8 ton and it leads to main problem that the waste decomposed in a long time specifically inorganic waste. The most used inorganic waste is plastic waste type Polietilene Tereftalat (PET). To decrease this PET plastic waste heap, therefore in this research has developed the design and manufacture process to create PET plastic waste pulverizer. The method of this research involved design technique which continues to the manufacture process of PET plastic waste pulverizer. The result shows that PET plastic waste pulverizer has the dimension of 553 x 565 x 886 milimeter by using second-hand oil waste and saturated steam as main fuel. This PET plastic waste pulverizer works by the combustion of oil waste and saturated steam which resulted from boiled water. The resulted heat from oil waste combustion is 182,2 kJ and saturated steam of 141,512 J/s. The saturated steam resulted from boiled water will increase the pressure and temperature of oil waste combustion process in fire outlet pipe which directly heating melting room. Thus, the PET plastic waste pulverizer can be envisaged to demote the plastic waste heap in the surrounding environment.

Keywords—PET Plastic Waste, Waste Pulverizer, Design, Manufacture

1. PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah populasi manusia di dunia cenderung menambah jumlah produksi sampah yang ada. Sampah merupakan suatu permasalahan kompleks yang dihadapi oleh negara berkembang maupun negara maju[1]. Sampah-sampah yang belum dapat diolah dikarenakan keterbatasan yang ada, tentunya menyebabkan timbunan sampah pada tempat pembuangan akhir (TPA) semakin meningkat. Di sisi lain, timbunan sampah ini juga dapat mencemari lingkungan sekitarnya seperti udara dan air sungai. Hal tersebut tentunya sangat berdampak pada kesehatan dan kenyamanan masyarakat yang memiliki tempat tinggal di sekitar daerah tersebut.

Berdasarkan data pada tahun 2020, tercatat sebanyak 67,8 juta ton timbunan sampah yang ada di Indonesia. Pada tahun 2021 diperkirakan jumlahnya semakin meningkat hingga mencapai 68,5 juta ton sampah. Jumlah sampah tersebut rata-rata memiliki waktu terurai yang cukup lama, khususnya sampah anorganik[2]. Beberapa contoh sampah anorganik diantaranya plastik, kaleng, botol kaca, dan lainnya. Sampah anorganik yang paling banyak digunakan ialah sampah plastik jenis Polietilena Tereftalat (PET)[3]. Plastik jenis ini merupakan plastik sekali pakai dan biasanya langsung dibuang begitu saja. Plastik ini juga selalu meningkat setiap harinya karena kebutuhan yang berbanding lurus dengan jumlah sampah yang dihasilkan. Ironisnya, hanya sebagian kecil masyarakat yang baru melakukan daur ulang untuk sampah plastik tersebut.

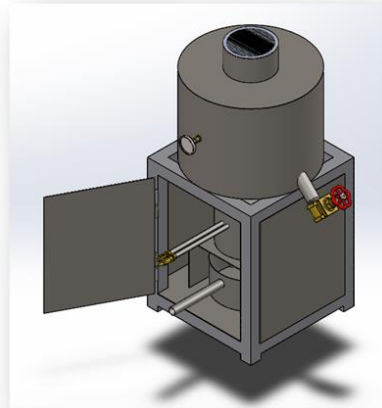
Salah satu proses daur ulang dari sampah plastik yaitu dengan meleburkan sampah plastik sehingga volumenya akan berkurang dan lebih mudah untuk diuraikan untuk proses daur ulang lanjutannya[4]. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan rancang bangun alat pelebur sampah plastik berjenis PET. Alat ini mampu untuk meleburkan sampah dengan cara dipanaskan dengan suhu pembakaran ruang peleburan minimum 200°C atau titik lebur dari sampah plastik PET. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi jumlah timbunan sampah plastik jenis PET khususnya pada tempat pembuangan akhir (TPA).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada proses rancang bangun alat pelebur sampah plastik jenis PET ini dilakukan melalui proses metode perancangan dan eksperimental yang melibatkan beberapa tahapan yaitu identifikasi masalah yang terjadi di lapangan melalui studi literatur dan pengumpulan data secara observasi langsung. Perancangan alat diawali dengan pembuatan konsep dan perhitungan komponen elemen mesin alat pelebur sampah plastik berjenis PET. Setelah perancangan alat selesai, maka dilakukan proses pembuatan rangka dan komponen yang dilanjutkan dengan proses *assembly* sehingga menjadi alat pelebur sampah plastik berjenis PET.

2.1 Perancangan Alat

Perancangan alat diawali dengan membuat gambar kerja dari setiap komponen alat berdasarkan konsep yang telah dibuat dengan menggunakan aplikasi *Solidworks*. Dari hasil perancangan ini, maka akan didapat rancangan gambar kerja secara keseluruhan yang selanjutnya digunakan pada proses pembuatan dan perakitan (*assembly*). Pada tahap ini juga dilakukan perhitungan terhadap ketahanan material yang digunakan serta perhitungan kekuatan dari rangka untuk menahan beban dari sampah yang akan dileburkan.



Gambar 1. Konsep Rancangan Alat Pelebur Sampah Plastik

Pada gambar 1, konsep rancangan alat pelebur sampah plastik tersebut dibangun oleh 3 (tiga) bagian utama yaitu *burner* terdiri dari bejana, pipa air dan *safety valve*, tempat pembakaran oli bekas, pipa masukan oli, pelindung pembakaran oli bekas, pipa L dan pipa keluaran api. Selanjutnya, terdapat komponen rangka yang terdiri dari 12 besi *hollow* dengan panjang yang beragam (4 buah untuk landasan, 4 buah untuk kaki-kaki dan 4 buah untuk penahan kaki-kaki), 3 buah plat pelindung rangka, plat landasan dan pintu rangka. Kemudian, tempat peleburan yang terdiri dari tempat peleburan, pipa masukan sampah, pipa keluaran peleburan, *gate valve*, termometer *gauge* dan plat penutup. Dimensi total dari *sub-assembly* tempat peleburan ini 466 x 554 x 449 mm.

Secara prinsip, konsep rancangan alat ini bekerja dengan melakukan pembakaran menggunakan oli bekas serta uap air untuk meningkatkan temperatur yang dioperasikan secara *manual*. Bahan bakar oli bekas dinyalakan dengan korek pemantik. Api yang dihasilkan dari pembakaran oli bekas sebagian membuat air di dalam tangki mendidih lalu menjadi uap jenuh dan sebagian langsung menuju pipa keluaran api. Uap jenuh yang dihasilkan dari air yang mendidih lalu disalurkan ke pipa keluaran api melalui pipa L yang secara langsung menuju tempat terjadinya proses peleburan.

2.2 Pembuatan Alat

Pada tahapan pembuatan alat, dilakukan dua proses yaitu pemilihan komponen dan pembuatan alat itu sendiri. Pemilihan komponen diawali dengan membeli komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan alat seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen alat yang dibeli

No.	Nama Komponen	Keterangan
1.	<i>Gate valve 1 1/2 in</i>	Kuningan
2.	Termometer <i>gauge</i>	Stainless Steel
3.	Sambungan ulir dalam 1/4 in	Kuningan
4.	Plat pelindung	ST37
5.	Pipa masukan oli	ST37
6.	Neple ulir luar 1/4 in	ST37
7.	<i>Safety valve 1/4 in</i>	Kuningan

8.	Keran air $\frac{1}{4}$ in	Kuningan
9.	Pipa keluaran api	ST37

Selanjutnya, dilakukan pula proses pembuatan komponen alat dengan melibatkan proses fabrikasi, pengelasan, dan *machining* seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen alat yang dibuat

No.	Nama Komponen	Keterangan
1.	Tempat pembakaran oli	ST37
2.	Pipa L	ST37
3.	Pelindung tempat pembakaran	ST37
4.	Bejana	ST37
5.	Pipa air dan <i>safety valve</i>	ST37
6.	Rangka	Galvanis
7.	Pipa keluaran hasil peleburan	ST37
8.	Tempat peleburan	ST37
9.	Pipa masukan sampah	ST37
10.	Plat landasan	ST37
11.	Pintu rangka	ST37
12.	Plat penutup	ST37

Selanjutnya, pada proses pembuatan alat juga dilakukan proses pemotongan serta pengelasan pada bahan untuk setiap komponen yang dibutuhkan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini juga dilakukan proses perakitan seluruh komponen alat sehingga menjadi alat pelebur sampah plastic berjenis PET secara sempurna.

2.3 Pengujian Alat

Pada tahap ini, seluruh komponen yang sudah dirakit dilakukan pengujian temperatur dan kapasitas pembakaran sesuai data pengujian. Pengujian dilakukan dengan mengukur temperatur yang dihasilkan kompor dan uap air. Kemudian dilakukan pengujian kapasitas yang dapat ditampung. Apabila temperatur yang dihasilkan belum sesuai rancangan, maka perlu ditinjau ulang di bagian perancangan alat. Apabila temperatur keluaran yang diharapkan tercapai maka dapat disimpulkan bahwa alat pelebur sampah plastik jenis PET ini telah sesuai dengan proses perancangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

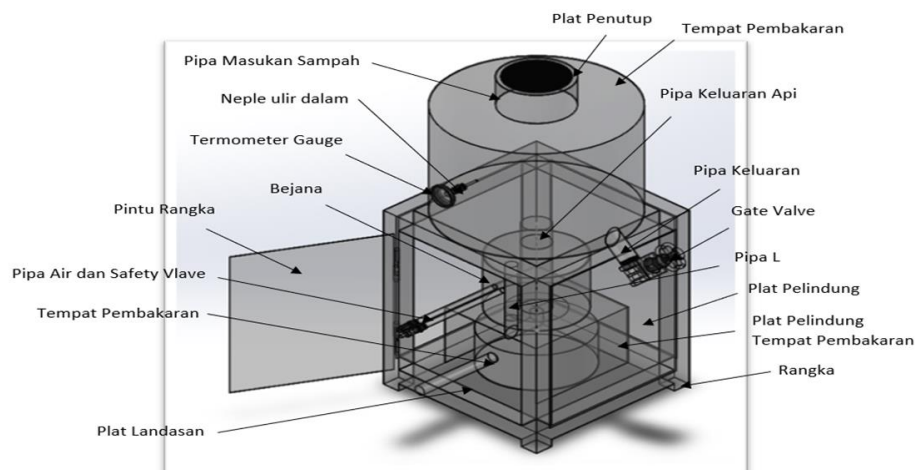
Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai dari beberapa kategori perhitungan pada proses perancangan alat yang telah dilakukan seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan

Kategori	Hasil
Kalor yang dibutuhkan untuk melebur sampah plastik jenis PET	482,350 J/s
Kalor yang dihasilkan dari pembakaran oli bekas	182,207,34 J
Kalor yang dihasilkan dari air yang dididihkan	141,512 J/s
Kekuatan pengelasan pada rangka	9359,09 N
Tegangan yang terjadi di dalam tangki	98 N/mm ²

3.2 Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan alat pelebur sampah plastik jenis PET ini terdiri dari 3 *sub-assembly* alat yang merupakan gabungan komponen burner, rangka dan tempat peleburan yang telah melalui proses desain dan perhitungan[5, 6]. Adapun untuk hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Rancangan Alat

3.3 Hasil Pembuatan Alat

Pada proses pembuatan alat melibatkan proses fabrikasi, penyambungan, dan perakitan (*assembly*) dari proses perancangan yang telah dibuat, sehingga menjadi alat pelebur sampah plastic berjenis PET secara sempurna. Namun demikian, terdapat beberapa penyesuaian saat proses pembuatan alat ini, sehingga terjadi beberapa modifikasi dari perancangan awal yang dibuat. Sebagai contoh, pada komponen pipa keluaran hasil peleburan terdapat perubahan pada sudutnya. Pada komponen pintu rangka dibuat lubang untuk pipa masukan oli, air dan pipa *safety valve* yang memiliki panjang yang lebih dari rancangan pintu rangka[7, 8]. Pada komponen plat penutup mengalami perubahan pada ketebalan, pada pembuatan komponen menggunakan tebal 1 mm dan tertutup rapat. Pada akhirnya, pembuatan alat pelebur sampah plastik berjenis PET telah berhasil dilakukan seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pembuatan Alat Pelebur Sampah Plastik

3.4 Hasil Pengujian Alat

Setelah pembuatan alat pelebur sampah plastik selesai, maka dilakukan pengujian waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur ruang peleburan, oli bekas yang diperlukan, serta hasil dari peleburan itu sendiri [9, 10]. Hasil dari proses pengujian alat pelebur sampah plastik jenis PET ini menunjukkan performa yang dengan temperatur ruang peleburan yang relevan dan dapat dimanfaatkan untuk meleburkan sampah plastik berjenis PET.

Adapun pengujian alat ini dilakukan bertahap sebanyak 3 (tiga kali) dengan parameter yang berbeda-beda. Pada pengujian pertama digunakan oli bekas sebanyak 1,3 kg dan air sebanyak 4,2 liter serta cacahan plastik PET 2 kg. Temperatur mula-mula ruang peleburan 20°C dan temperatur sekelilingnya 24°C, setelah 20 menit temperatur ruang peleburan meningkat menjadi 40°C. Pada menit ke-30 temperatur ruang peleburan menjadi 50°C dan pada menit ke-40 mencapai 60°C. Dari data hasil pengujian ini kenaikan suhu 10°C terjadi setiap 10 menitnya.

Selanjutnya, pada pengujian kedua digunakan oli bekas sebanyak 0,7 kg dan air sebanyak 4,2 liter sebelum cacahan dengan ruang peleburan belum terisi cacahan plastik. Temperatur mula-mula ruang peleburan 20°C dan temperatur lingkungan 23°C, setelah 20 menit temperatur meningkat menjadi 40°C. Pada menit ke-30 temperatur menjadi 45°C dan pada menit ke-40 temperatur meningkat 10°C.

Pada pengujian yang terakhir kapasitas oli diturunkan sebanyak 1,15 kg dan air sebanyak 4,2 liter dengan ruang peleburan tanpa cacahan sampah plastik. Temperatur mula-mula ruang peleburan 25°C dan temperatur lingkungan 33,5°C. Setelah 20 menit temperatur ruang peleburan menjadi 60°C. Pada menit ke-30 suhu meningkat menjadi 75°C dan pada menit 40 temperatur menjadi 90°C. Ketika menit ke-50 temperatur menjadi 115°C.

3.5 Pembahasan

Dari data hasil pengujian pertama dapat dikalkulasikan untuk meningkatkan temperatur ruang peleburan menjadi 200°C membutuhkan waktu 200 menit. Hal ini disebabkan oleh temperatur sekeliling pengujian karena tempat peleburan secara langsung bertumbuk dengan udara sekeliling. Temperatur tertinggi yang dicapai pada pengujian ini mencapai 60°C dengan

tempat peleburan dalam keadaan terisi oleh cacahan sampah plastik sebanyak 2 kg. Pada hasil pengujian kedua, temperatur ruang peleburan mencapai 55°C dalam keadaan terisi oleh cacahan sampah plastik sebanyak 2 kg, hal ini disebabkan lubang keluaran uap tertutup oleh kotoran dari pembakaran oli bekas sehingga uap tidak bisa disalurkan dengan baik [11, 12]. Pada hasil pengujian terakhir didapat temperatur tertinggi pada 115°C pada menit ke-50 dalam keadaan tempat peleburan belum diisi oleh cacahan sampah plastik. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, alat pelebur sampah plastik jenis PET ini memperlihatkan suatu kinerja yang signifikan untuk dapat dimanfaatkan sebagai salah satu solusi mengurangi sampah plastik berjenis PET. Dengan demikian, alat pelebur sampah ini diharapkan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari sampah plastik khususnya yang berjenis PET.

4. KESIMPULAN

Proses rancang bangun alat pelebur sampah plastik berjenis PET telah berhasil dilakukan pada penelitian ini dengan melibatkan metode perancangan dan eksperimental untuk pembuatannya. Pada prinsipnya, alat pelebur sampah plastik ini menggunakan limbah oli bekas sebagai bahan bakar sehingga dapat menghasilkan kalor sebesar 182,2 kJ dan uap jenuh 141,512 J/s. Uap jenuh yang dihasilkan dari pendidihan air tersebut akan meningkatkan tekanan dan suhu dari proses pembakaran oli pada pipa keluaran api yang secara langsung memanaskan ruang peleburan sehingga sampah plastik jenis PET dapat terurai.

5. SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut, dapat dikembangkan ruang pembakaran (*burner*) dengan temperatur yang lebih tinggi sehingga mengakomodir perpindahan panas secara lebih cepat dan menjadikan alat pelebur sampah plastik yang lebih efektif dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya penulis haturkan kepada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung yang telah menyediakan fasilitas dalam proses pembuatan rancang bangun alat pelebur sampah plastik berjenis PET ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Alighiri, M. N. Yasin, B. Rohmawati, dan A. Drastisianti, "Processing of recycled waste PET (polyethylene terephthalate) plastics bottle into for the lightweight and reinforcement bricks," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1321, no. 2, 2019.
 - [2] M. Mokhtar *et al.*, "Investigating the Utilisation of Plastic Bottle as Aggregate Replacement for Concrete Block," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1049, 2018.
 - [3] M. K. Eriksen, J. D. Christiansen, A. E. Daugaard, dan T. F. Astrup, "Closing the loop for PET, PE and PP waste from households: Influence of material properties and product design for plastic recycling," *Waste Management*, vol. 96, pp. 75-85, Aug 1 2019.
 - [4] Priyanto dan F. Teguh, "Rancang Bangun Alat Pengolah Limbah Plastik Berbahan Bakar Biomassa," *Jurnal Mekanova*, vol. 5, no. 2, pp. 40-49, 2019.
-

- [5] K. R.S. dan G. J.K., *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) Ltd., 2005.
 - [6] Sularso dan S. Kiyokatsu, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2008.
 - [7] W. Achmad dan A. I. N. Ludra, "Designing Plastic Cupes Ring Cutting Machine To Increase Productivity," *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 18, no. 2, pp. 56-63, 2018.
 - [8] Y. R. Ilmal, U. M. Lazuardi, P. S. Haryo, P. A. Bagus, and P. B. Hari, "Studi Perancangan Pisau Pada Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 7, no. 1, pp. 44-53, 2021.
 - [9] A. Eko, K. Ahkmad, dan S. Widyani, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Jerami dengan Kapasitas 25 Kg/Jam," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 51-54, 2013.
 - [10] S. Herdi, B. Abu, dan Syuhada, "Rancang Bangun Mesin Pemetong Padi Multifungsi," *Jurnal Mekanova*, vol. 3, no. 5, pp. 137-146, 2017.
 - [11] P. Hilda dan Darmuji, "Perancangan Mesin Pencacah Tumbuhan Nilam Dengan Menggunakan Pisau Planer," *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, vol. 7, no. 2, pp. 175-185, 2020.
 - [12] N. Noviyanti, P. D. Septyangga, S. Sopan, dan R. Nicolaus, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga," *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, vol. 3, no. 3, pp. 169-178, 2019.
-