



Perancangan dan Pembuatan Prototipe Alat Pengering Cacahan Plastik Daur Ulang

Ignatius Pulung Nurprasetyo^{1,*}, Samuel Rahardian¹, Bentang Arief Budiman^{1,2},
Pandji Prawisudha¹

¹Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara

²Pusat Pengembangan Teknologi Transportasi Berkelanjutan
Institut Teknologi Bandung, Jln Ganesha no. 10, Bandung 40132, Indonesia

*Email: ipn@ftmd.itb.ac.id

Abstrak. Makalah ini menjelaskan proses perancangan dan pembuatan prototipe alat pengering cacahan plastik sederhana. Cacahan plastik basah diperoleh dari hasil proses pencacahan sampah plastik yang telah dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Proses pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kandungan air pada cacahan plastik tersebut. Alat pengering yang dirancang menggunakan mekanisme *fluidized bed* yaitu cacahan plastik dihembuskan udara panas dalam keadaan terapung. Perhitungan teoritik untuk memprediksi waktu pengeringan cacahan plastik yang dibutuhkan dengan model perpindahan panas juga dilakukan. Selanjutnya, berbagai pengujian dilakukan untuk menilai kinerja alat pengering tersebut. Hasil pengujian membuktikan bahwa alat tersebut mampu mengeringkan cacahan plastik dengan waktu relatif singkat dengan kualitas hasil pengeringan yang baik.

Kata Kunci: alat pengering, daur ulang, kandungan air, sampah plastik

1 Pendahuluan

Salah satu masalah utama perkotaan adalah tata kelola sampah yang masih membutuhkan perhatian besar, khususnya pengelolaan sampah plastik yang sulit terurai [1]. Sebagai contoh, kota Bandung memproduksi 200 ton sampah plastik setiap harinya yang harus dikelola dengan baik [2]. Contoh lainnya adalah kota Jakarta, dengan penduduk lebih dari 9 juta jiwa, jumlah sampah plastik yang ditimbun dapat mencapai 400 ton [3]. Dari program pemerintah pusat, Jakarta dan Bandung termasuk salah satu dari 22 kota di Indonesia yang menerapkan kantong plastik berbayar untuk mengurangi konsumsi plastik di Indonesia [4]. Program tersebut sebagai tanggapan laporan peringkat negara penghasil sampah plastik terbesar di dunia tahun 2015 yang menempatkan Indonesia di peringkat kedua setelah China [5].

Bahan plastik memiliki keunggulan utama yaitu mudah dibentuk, sehingga banyak digunakan untuk berbagai produk mulai dari peralatan rumah tangga

sampai komponen industri otomotif. Hal ini menyebabkan jumlah sampah plastik menjadi sangat besar dan akan terus meningkat. Untuk mengatasi jumlah sampah plastik tersebut, diperlukan usaha menguranginya dengan cara mendaur ulang [6, 7]. Proses daur ulang sampah plastik merupakan solusi terbaik dengan mempertimbangkan dua keuntungan utama yaitu, (1) mengurangi jumlah sampah yang menimbun di tanah yang dapat menimbulkan pencemaran dan (2) meningkatkan nilai tambah sampah plastik yang dapat memberikan keuntungan ekonomis.

Proses daur ulang sampah plastik menggunakan rangkaian mesin-mesin proses yang dapat mengolah sampah plastik menjadi pelet plastik yang siap diolah kembali untuk menghasilkan produk plastik baru. Berbagai proses yang diperlukan adalah proses pemilahan jenis plastik, proses pencacahan sampah plastik [8], proses pencucian untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada plastik, proses pengeringan, proses pemberian warna, proses pelumeran cacahan plastik, dan proses pencetakan pelet plastik [6, 9]. Berdasarkan pengalaman salah satu pabrik daur ulang sampah plastik di Bandung (CV PEKA), proses pengeringan menjadi masalah utama yang menghambat kecepatan dan kualitas produksi pelet plastik. Kebanyakan pabrik daur ulang sampah plastik melakukan proses pengeringan dalam dua tahap yaitu pengeringan mekanik menggunakan mesin sentrifugal dan penjemuran cacahan plastik di bawah sinar matahari. Hasil proses pengeringan biasanya tidak sepenuhnya sempurna menghilangkan kandungan air pada cacahan. Selain itu, proses pengeringan tersebut membutuhkan banyak waktu, khususnya saat musim hujan.

Pada makalah ini, sebuah alat pengering sederhana diusulkan untuk mengurangi waktu pengeringan dan meningkatkan kualitas hasil pengeringan cacahan plastik. Proses perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe alat pengering cacahan plastik sederhana dijelaskan dengan rinci. Alur proses perancangan dan pembuatan prototipe tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

- Peninjauan pabrik daur ulang sampah plastik untuk mengetahui luaran yang perlu dicapai pada proses pengeringan
- Pemilihan jenis proses pengeringan yang digunakan
- Analisis dan perhitungan termodinamika dan perpindahan panas dari cacahan plastik beserta alat pengeringnya
- Perancangan dan pembuatan prototipe berdasarkan hasil analisis dan perhitungan
- Pengujian dan analisis hasil pengujian prototipe

2 Perhitungan Parameter Perancangan

2.1 Kandungan Air Cacahan Plastik

Untuk menentukan kapasitas alat pengering yang dibutuhkan, kandungan air cacahan plastik setelah proses pencucian perlu diketahui terlebih dahulu. Kandungan air tersebut dapat diketahui dengan melakukan pengujian sebagai berikut: (1) massa cacahan plastik yang telah dicuci ditimbang. (2) cacahan plastik tersebut dikeringkan menggunakan oven yang diatur pada temperatur 80°C dalam selang waktu 30 menit. Pengeringan dilakukan pada temperatur tersebut berdasarkan hasil pengujian sebelumnya bahwa pada temperatur 90°C cacahan plastik mulai meleleh. (3) Massa cacahan plastik setelah proses pengeringan ditimbang kembali. Pengeringan dan penimbangan cacahan plastik basah dilakukan sampai perubahan massanya tidak terjadi lagi yang berarti seluruh kandungan air telah menguap. Persentase kandungan air pada cacahan plastik selanjutnya dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$\text{Kandungan air} = \frac{m_{pb} - m_{pk}}{m_{pb}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana m_{pb} adalah massa cacahan plastik basah setelah dicuci, dan m_{pk} adalah massa cacahan plastik setelah dikeringkan dengan oven. Pengukuran kandungan air pada cacahan plastik basah ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata dari tingkat kelembapannya. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tersebut. Terlihat bahwa persentase kandungan air rata-rata cacahan plastik basah setelah proses pencucian adalah 23.37%.

Tabel 1 Persentase kandungan air cacahan plastik setelah pencucian

No	m_{pb} (gr)	m_{pk} (gr)	Kandungan Air
1	4.42	3.56	19.45%
2	6.29	4.96	21.14%
3	6.20	4.69	24.35%
4	6.34	4.63	26.97%
5	6.49	4.87	24.96%
Rata-rata			23.37%

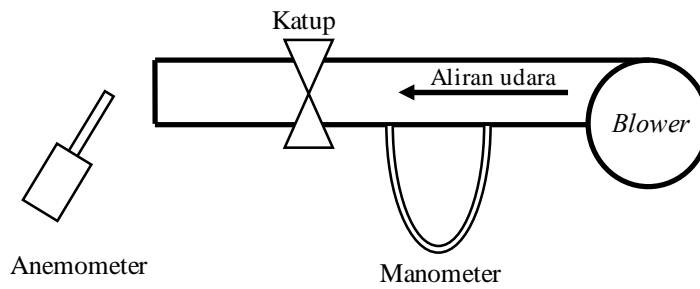
Pengujian untuk mengetahui persentase kandungan air cacahan plastik yang telah dikeringkan menggunakan panas matahari juga dilakukan dengan metode yang sama. Bahan uji berupa cacahan plastik tersebut didapat dari pabrik daur ulang CV PEKA di Bandung. Perlu dicatat, proses pengeringan tersebut biasanya membutuhkan waktu 1 hari dalam keadaan cerah atau 2 sampai 3 hari dalam keadaan mendung maupun hujan. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kandungan air untuk cacahan plastik tersebut dengan metode pengujian yang sama. Persentase kandungan air cacahan plastik tersebut adalah sekitar 0.14%. Hasil pengujian persentase kandungan air cacahan plastik ini digunakan sebagai data pembandingan dalam menentukan nilai kandungan air yang harus dicapai oleh alat pengering agar produk siap dijual.

Tabel 2 Persentase kandungan air cacahan plastik yang dikeringkan menggunakan panas matahari

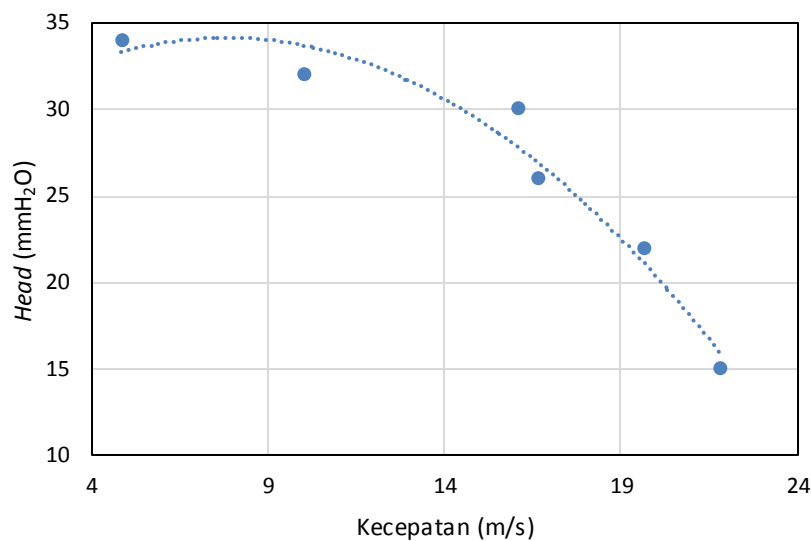
No	m_{pb} (gr)	m_{pk} (gr)	Kandungan Air
1	4.55	4.53	0.43%
2	4.30	4.30	0.00%
3	3.32	3.32	0.00%
4	3.33	3.32	0.30%
5	4.25	4.25	0.00%
Rata-rata			0.14%

2.2 Pengujian Karakteristik *Blower*

Komponen *blower* atau *fan* dibutuhkan untuk mengalirkan udara panas. Karakteristik *blower* tersebut perlu diuji sehingga menghasilkan aliran udara yang sesuai. Gambar 1 menunjukkan skema pengujian karakteristik *blower*. Pengujian dilakukan menggunakan manometer untuk mengukur *head* dan *hot wire anemometer* untuk mengukur kecepatan udara yang dihembuskan *blower*. Pengambilan data kecepatan menggunakan *hot wire anemometer* dilakukan pada 9 titik. Selanjutnya, nilai rata-rata dari kecepatan pada 9 titik tersebut dihitung untuk menentukan kecepatan angin yang melalui pipa. Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran *head* untuk berbagai kecepatan yang menggambarkan karakteristik *blower*. Hasil pengukuran tersebut selanjutnya dapat didekati dengan persamaan kuadrat untuk memperkirakan *head* pada setiap kecepatan udara.



Gambar 1 Skema pengujian *blower*

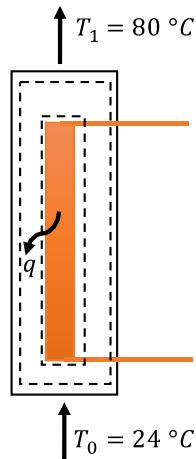


Gambar 2 Kurva karakteristik *blower*

2.3 Perhitungan Daya Pemanas

Setelah mendapatkan karakteristik *blower*, langkah selanjutnya adalah menentukan daya dari pemanas listrik yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan (T_1) yaitu 80°C . Kondisi udara Bandung juga mempengaruhi daya pemanas yang dibutuhkan. Kondisi udara Bandung didapatkan dari data iklim harian Stasiun Geofisika Bandung. Berdasarkan data iklim harian tersebut temperatur rata-rata dari udara Bandung (T_0) adalah 24°C dan kelembapan rata-rata udara Bandung adalah 77% [10]. Gambar 3 menunjukkan skema alat pemanas udara yang digunakan. Alat pemanas terbuat

dari sebuah pipa dengan diameter 31.75 mm yang didalamnya terdapat koil pemanas. Udara yang dihembuskan oleh *blower* melewati koil pemanas tersebut. Proses perpindahan panas konveksi dominan terjadi dari koil panas ke udara yang bergerak.



Gambar 3 Skema alat pemanas udara

Daya pemanas yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur 80°C dapat dihitung melalui persamaan berikut [11].

$$q = \dot{m}_a \{ (h_{a1} - h_{a0}) + \omega (h_{v1} - h_{v0}) \} \quad (2)$$

dimana q adalah daya pemanas, h_{a1} adalah entalpi udara keluar, h_{a0} adalah entalpi udara masuk, h_{v1} adalah entalpi uap air keluar, dan h_{v0} adalah entalpi uap air masuk. Nilai entalpi udara dan uap air masing-masing dapat dilihat di Tabel termodinamika A22 dan A1 pada ref. 11 dengan menentukan nilai T_0 dan T_1 terlebih dahulu. Selanjutnya, \dot{m}_a adalah laju aliran massa udara yang melewati pemanas, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\dot{m}_a = \rho A v \quad (3)$$

dimana ρ adalah massa jenis udara, A adalah luas penampang pipa pemanas, dan v adalah kecepatan aliran udara yang dihembuskan oleh *blower*. Selain itu, ω adalah rasio kelembapan (kg/kg udara) yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\omega = 0.622 \frac{RH_0 p_{g0}}{p - RH_0 p_{g0}} \quad (4)$$

dimana RH_0 adalah kelembaban relatif di Bandung, p_{g0} adalah tekanan saturasi uap air (lihat Tabel termodinamika A2 pada ref. 11), dan p adalah tekanan udara lingkungan. Dengan menentukan setiap parameter melalui perhitungan dan melihat tabel termodinamika, persamaan 2 dapat dihitung sehingga nilai q dapat diperoleh yaitu 3.157 kW.

2.4 Perhitungan Waktu Pengeringan

Proses pengeringan yang dirancang pada penelitian ini menggunakan jenis *fluidized bed*, yaitu cacahan plastik mengapung akibat udara panas yang dialirkan. Fenomena pengeringan yang terjadi melibatkan perpindahan panas konveksi dan perpindahan massa air dari permukaan cacahan plastik ke udara sekitar (penguapan). Parameter penting dalam proses pengeringan adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh cacahan plastik yang kering. Perhitungan waktu tersebut dilakukan dengan mengasumsikan plastik sebagai sebuah pelat datar dengan air yang berada pada permukaan pelat tersebut. Gambar 4 menunjukkan ilustrasi proses pengeringan tersebut.



Gambar 4 Skema perpindahan panas konveksi dan perpindahan massa air

Untuk mengetahui waktu pengeringan, terdapat beberapa parameter yang perlu dihitung. Parameter pertama adalah bilangan Reynold (Re) yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$Re = \frac{vl}{\eta} \quad (5)$$

dimana l adalah panjang plastik cacahan rata-rata yaitu 5 mm dan η adalah viskositas udara. Perlu dicatat bahwa η dapat diperoleh dari Tabel termodinamika A4 pada ref. 12 dengan mengacu pada temperatur film (T_f) yang merupakan temperatur rata-rata antara T_0 dan T_1 , yaitu 52°C .

Langkah selanjutnya adalah menghitung koefisien perpindahan panas konveksi dari interaksi udara panas dengan air yang akan diuapkan (h_{heat}). Koefisien tersebut dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut,

$$Nu = \frac{h_{heat}l}{k} = 0.037Re^{0.8}Pr^{1/3} \quad (6)$$

dimana Nu adalah Nusselt number, K adalah koefisien konduksi udara, dan Pr Prandtl number. Nilai K dan Pr dapat diperoleh dari Tabel termodinamika A4 pada ref. 12 dengan mengacu pada nilai T_f . Perlu dicatat bahwa nilai h_{heat} akan mempengaruhi koefisien perpindahan massa dari air dan udara (h_{mass}).

Setelah mendapatkan (h_{heat}), langkah selanjutnya adalah menentukan koefisien perpindahan massa air yang menguap (h_{mass}) menggunakan persamaan berikut [12]

$$\frac{h_{heat}}{h_{mass}} = \rho c_p \left(\frac{Sc}{Pr} \right)^{\frac{2}{3}} = \rho c_p \left(\frac{\alpha}{D_{AB}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

dimana, c_p adalah kapasitas panas air, Sc adalah bilangan Schmidt, α adalah difusivitas panas, dan D_{AB} adalah difusi massa air dengan udara. Nilai c_p , Sc , α , dan D_{AB} dapat diperoleh dari Tabel termodinamika A4 pada ref. 12 dengan mengacu pada temperatur air yaitu 24°C.

Setelah mendapatkan h_{mass} , laju penguapan air pada plastik (\dot{m}_{konv}) dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [12].

$$\dot{m}_{konv} = h_{mass} A_s (\rho_{A,s} - \rho_{A,\infty}) \quad (8)$$

dimana,

$$A_s = 2 \frac{m_p}{\rho_p b} \quad (9)$$

dimana m_p adalah massa plastik yang akan dikeringkan, ρ_p adalah massa jenis plastik, dan b adalah tebal cacahan plastik.

Dengan menggabungkan persamaan 8 dan 9, waktu pengeringan yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$t = \frac{\rho_p b}{2 h_{mass} (\rho_{A,s} - \rho_{A,\infty})} \quad (10)$$

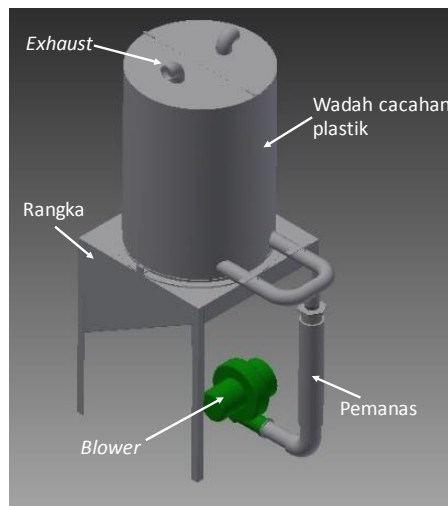
Berdasarkan Tabel 1, tingkat kelembapan rata-rata yang didapatkan sebesar 23.37% yang berarti untuk setiap 1 kg cacahan plastik, massa air yang perlu diuapkan adalah 0.2337 kg. Luas permukaan dari plastik 1 kg dicari dengan menggunakan massa jenis dari plastik. Volume yang didapatkan dari massa jenis dibagi dengan tebal dari plastik sehingga mendapatkan luas permukaan dari plastik yang akan dikeringkan. Perlu dicatat bahwa terdapat dua permukaan

yang berkontak dengan udara panas, sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi 114 detik.

3 Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian

3.1 Perancangan Alat Pengering

Gambar model komponen-komponen alat pengering dibuat menggunakan perangkat lunak komersial *Autodesk Inventor*. Komponen utama dari alat pengering adalah tabung wadah, pemanas udara, tutup tabung wadah atas dan bawah, rangka, pipa penyambung, dan *blower*. Hasil gambar model alat pengering ditunjukkan pada Gambar 5. Cacahan plastik pertama-tama dimasukan melalui penutup tabung wadah atas yang disambungkan menggunakan engsel. Sebuah *blower* yang ditempatkan di bawah akan menghembuskan udara dari luar menuju pipa yang terdapat koil pemanas. Udara panas yang dihasilkan selanjutnya mengalir ke tabung sebagai wadah cacahan plastik melalui pipa dengan katup yang dapat dibuka dan ditutup. Cacahan plastik akan mengapung akibat tekanan dari aliran udara panas tersebut (*fluidized bed*). Sementara itu, udara tersebut akan terus mengalir keluar melalui *exhaust* yang ada pada tutup tabung wadah atas. Tabung wadah dirancang memiliki dua ruang untuk menghasilkan proses yang berkelanjutan. Dimana saat cacahan plastik pada salah satu ruang telah kering, penutup wadah tabung bagian bawah dapat dibuka dengan cara digeser untuk mengeluarkan cacahan kering tersebut. Pada saat yang bersamaan, cacahan plastik pada ruang lainnya dapat terus bekerja mengeringkan cacahan sehingga *blower* dan pemanas udara tidak perlu dimatikan.

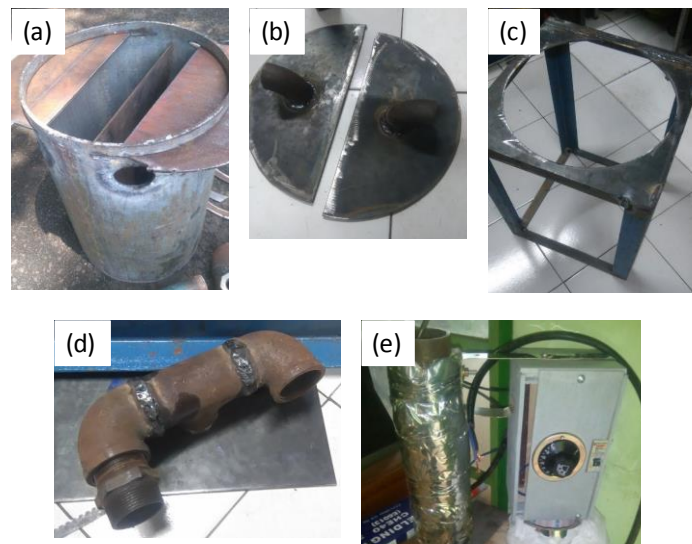


Gambar 5 Model alat pengering

3.2 Pembuatan Alat Pengering

Proses pembuatan alat pengering cacahan plastik dibagi menjadi beberapa komponen. Gambar 6 menunjukkan foto hasil pembuatan berbagai komponen yang telah dirakit tersebut. Tabung wadah pengering cacahan plastik terbuat dari baja dengan diameter bagian dalam 350 mm dan ketebalan 6 mm. Pada bagian bawah tabung terdapat lubang yang menyambung pada pipa untuk mengalirkan udara panas. Dua ruang pengeringan didalam tabung wadah dipisahkan oleh pelat baja setebal 2 mm. Penyambungan pelat tersebut dengan tabung wadah menggunakan las titik. Pada bagian bawah tabung wadah terdapat sebuah ring yang dilas untuk menahan penutup bawah tabung agar dapat bergeser pada sumbu yang tetap.

Penutup tabung wadah atas dan bawah terbuat dari pelat baja 2 mm. Proses pengerjaan penutup dilakukan dengan memotong pelat sesuai dimensi setengah lingkaran dari diameter luar tabung wadah. Pada penutup atas pipa *elbow* dilas pada tengah penutup sebagai saluran keluar dari udara (*exhaust*). Pada penutup bawah ditambahkan penarik untuk mempermudah pembukaan tutup bagian bawah.



Gambar 6 komponen alat pengering: (a) tabung wadah dengan penutup wadah bagian bawah yang dapat digeser, (b) penutup wadah bagian atas, (c) rangka, (d) pipa penyambung, dan (e) pemanas udara

Rangka sebagaiudukan tabung wadah terbuat dari plat baja dan baja siku. Ukuran rangka yang dibuat adalah $0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$. Rangka tersebut disambungkan menggunakan proses pengelasan. Selain itu, pipa penyambung

yang digunakan berukuran 1¼", dengan tipe *elbow* dan *tee* yang disambungkan dengan proses pengelasan dan dihaluskan dengan bantuan *slab*.

Pemanas udara menggunakan *coil heater* yang memiliki daya 4 kW. *Coil heater* diletakkan pada tabung keramik yang dibuat dengan proses pengecoran. Pemanas ini menggunakan *thermostat* sebagai kontrol temperatur dan menggunakan MCB 20 A sebagai saklar untuk menjaga keamanan dari pemanas karena arus yang dihasilkan dari pemanas 4 kW cukup besar sekitar 17 A.

Setelah semua komponen selesai dibuat, komponen tersebut dirakit menjadi satu. Perakitan diawali dengan memasang lempengan pada tabung wadah sebagai dudukan pada rangka. Lempengan dipasang dengan menggunakan las. Langkah selanjutnya adalah mengelas pipa penyambung dengan tabung wadah. Pemasangan penutup atas menggunakan engsel yang dibaut pada pelat pemisah dua kompartemen. Untuk menyambung antara pemanas dengan pipa penyambung, dipasang penyambung ulir untuk mempermudah pemasangan dan pelepasan apabila ada perbaikan. Panel kontrol pada alat pengering diganti dengan ukuran yang lebih besar untuk meletakkan MCB *blower*. Setelah semua komponen terpasang, proses pengecatan dilakukan pada seluruh bagian alat pengering. Gambar 7 menunjukkan hasil dari perakitan alat pengering tersebut.



Gambar 7 Hasil perakitan alat pengering

3.3 Pengujian Alat Pengering

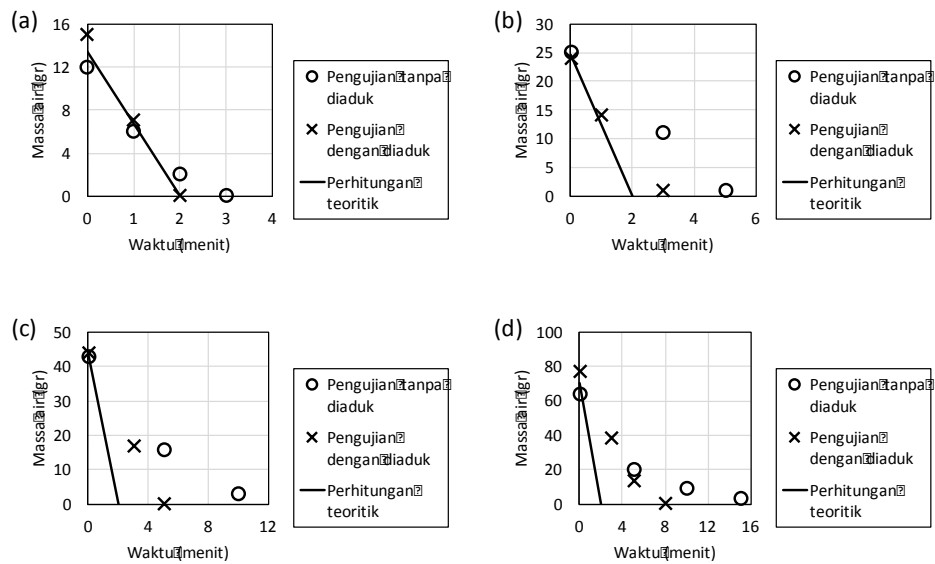
Alat pengering yang sudah dibuat selanjutnya diuji fungsi utamanya yaitu mengeringkan cacahan plastik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel cacahan plastik sebanyak 50 gr, 100 gr, 200 gr, dan 300 gr dengan luas

permukaan rata-rata cacahan sebesar 5 mm × 5 mm. Cacahan plastik tersebut sebelumnya direndam ke dalam air dan ditimbang. Selanjutnya, cacahan plastik tersebut dikeringkan menggunakan alat pengering yang telah dibuat. Pengeringan dilakukan menggunakan temperatur alat pemanas sebesar 80°C. Pada waktu-waktu tertentu, cacahan plastik dikeluarkan dan ditimbang kembali. Selisih antara massa sebelum pengeringan dan sesudah pengeringan merupakan massa air yang menguap. Proses pengeringan dilakukan hingga tidak ada perubahan massa cacahan plastik tersebut yang berarti seluruh kandungan air pada cacahan plastik telah menguap. Waktu pengeringan dan massa air yang tersisa pada cacahan plastik selanjutnya dicatat. Pengujian alat pengering cacahan plastik juga dilakukan dengan menambahkan proses pengadukan. Seluruh hasil pengujian selanjutnya ditampilkan pada Gambar 8.

Dari kurva pengeringan yang didapatkan dari pengujian, waktu yang dibutuhkan alat pengering untuk mengeringkan plastik bervariasi bergantung pada massa plastik yang akan dikeringkan. Namun demikian, menurut perhitungan teoritik, plastik akan kering dalam waktu 114 detik berapapun jumlah massa yang dikeringkan. Perbedaan waktu pengeringan antara hasil pengujian dan hasil prediksi menggunakan perhitungan teoritik terjadi karena aliran udara panas dari *blower* yang kurang menghembuskan udara panas ke cacahan plastik secara merata. Hal tersebut diperkuat dengan kandungan air pada cacahan plastik yang bervariasi yaitu beberapa plastik di dekat posisi *blower* telah mengering sedangkan plastik yang posisinya jauh masih memiliki kandungan air yang relatif banyak.

Hipotesis ini dibuktikan dengan hasil pengujian dengan proses pengadukan untuk mengurangi proses pengeringan yang tidak seragam. Hasil pengujian pengeringan dengan menggunakan bantuan diaduk dapat mempercepat proses pengeringan sampai dua kali lebih cepat. Fenomena ini terjadi karena udara panas dapat melewati permukaan plastik yang basah dengan lebih merata. Untuk mempercepat proses pemanasan, *blower* yang menghembuskan udara lebih kuat dapat digunakan. Umumnya, kecepatan udara dari *blower* berkurang karena adanya hambatan yang diakibatkan oleh massa plastik yang basah. Kecepatan udara yang berkurang ikut serta mengurangi kecepatan pengeringan.

Hasil pengujian juga membuktikan bahwa perhitungan teoritik dapat memprediksi waktu pengeringan dengan tepat jika aliran udara yang mengalir pada cacahan plastik dapat merata. Pada pengujian ini, aliran udara yang merata didapat apabila massa cacahan sebesar 50 gr dengan proses pengeringan dengan cara diaduk. Untuk dapat memprediksi waktu pengeringan, perhitungan teoritik yang lebih baik dan mempertimbangkan ketidakseragaman aliran udara pada cacahan plastik perlu diteliti lebih lanjut.



Gambar 8 Kurva pengeringan hasil pengujian dan perhitungan teoritik untuk cacahan plastik sebanyak (a) 50 gr, (b) 100 gr, (c) 200 gr, dan (d) 300 gr

4 Kesimpulan

Alat pengering cacahan plastik untuk keperluan proses daur ulang sampah plastik telah dirancang dan dibuat dengan spesifikasi dimensi panjang \times lebar \times tinggi sebesar $0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, kapasitas maksimum sebesar 5 kg, dan target waktu pengeringan selama 5 menit. Perhitungan model perpindahan panas untuk alat pengering ini telah dilakukan dan menghasilkan perkiraan waktu pengeringan selama 114 detik. Dari hasil pengujian, proses pengeringan tanpa diaduk mengalami fenomena pengeringan yang tidak merata sehingga melebihi target waktu pengeringan yang diharapkan. Untuk mempercepat proses pengeringan, pengujian dengan mengaduk cacahan plastik dilakukan. Hasil waktu pengeringan dengan diaduk dapat mendekati waktu pengeringan dari perhitungan model. Oleh sebab itu, alat pengaduk untuk membantu proses pengeringan agar lebih merata perlu ditambahkan pada alat pengering. Selain itu, *blower* yang lebih kuat perlu dipakai dengan mempertimbangkan pengurangan kecepatan yang terjadi karena adanya massa plastik dan air.

5 Referensi

- [1] Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., Ahmed, S. *Biological degradation of plastics: A comprehensive review*. *Biotechnology Advances*, 26(3), pp. 246-265, 2008.

- [2] <http://bandung.merdeka.com/halo-bandung/kota-bandung-hasilkan-200-ton-sampah-plastik-per-hari-1601200.html> (diakses tanggal 22 Mei 2016)
- [3] Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., Wisoyodharmo, L. A. *Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia*. Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL BPPT, **6 (1)**, pp. 311-318, 2005.
- [4] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Harga dan Mekanisme Penerapan Kantong Plastik Berbayar*. Surat Edaran no. S.1230/PSLB3-PS /2016.
- [5] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L. *Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean*. Marine Pollution. **347(6223)**, pp. 768-771, 2015.
- [6] Alsalem, S. M. *Recycling and Recovery Routes of Plastic Solid Waste (PSW): A Review*, Waste Management, **29(10)**, pp. 2625-2643, 2009.
- [7] Jefferson, H., Robert, D., Edward, K. *Plastics Recycling: Challenges and Opportunities*. Phil. Trans. R. Soc. B, **364**, pp. 2115–2126, 2009.
- [8] Nurprasetio, I. P., Budiman, B. A., Triawan, F. *Failure Investigation of Plastic Shredding Machine's Flange Coupling Based on Mechanical Analysis*, Indonesian Journal of Science and Technology, **2**, pp. 124-133, 2017.
- [9] Kalpana, P., Chaitanya, B., Tushar, K., Tejas, R., Akshay, G., Pritam, P., Pankaj, T. *A Review Paper on Plastic Recycle Machine*. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). **3(5)**, pp. 382-384, 2005.
- [10] Data Temp dan Humidity Bandung-96783, Stasiun Geofisika Bandung.
- [11] Moran J., Shapiro N., Principles of Engineering Thermodynamics, 7th Edition, John Wiley and Sons, 2012.
- [12] F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman dan A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th Edition, John Wiley and Sons, New York, 2002.