

Pembuatan Alat Penghancur Sampah Infeksius Jenis Popok dan Pembalut Sekali Pakai untuk Optimalisasi Pengelolaan Sampah TPS3R Desa Tanjungrejo

Ryo Afriliana¹⁾, Chandra Adi Wijaya²⁾, Iftitah Himawati³⁾, Fajri Mulya Iresha⁴⁾, Husein Mubarak⁵⁾, Elvira Sukma Wahyuni⁶⁾*

^{1,2,3,4,5,6)} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km. 14,5, Sleman, Yogyakarta

Email: elvira.wahyuni@uii.ac.id

ABSTRAK

Salah satu masalah mendesak di seluruh dunia adalah sampah infeksius, yang berdampak pada lingkungan dan kesehatan. Sampah infeksius mencakup berbagai jenis limbah medis, seperti popok sekali pakai dan pembalut wanita yang terkontaminasi oleh bahan-bahan berbahaya seperti darah, cairan tubuh, dan patogen lainnya. Jika tidak dikelola dengan benar, sampah infeksius dapat menyebabkan penyebaran penyakit. Desa Tanjungrejo, Kecamatan Ngombol memiliki TPS3R Bank Sampah yang dikelola dengan baik, namun salah satu permasalahan yang mereka miliki adalah belum adanya metode pengelolaan sampah infeksius jenis popok dan pembalut wanita sekali pakai. Pengelolaan sampah infeksius di Desa Tanjungrejo dilakukan dengan cara dibuang pada aliran anak sungai atau dibakar bersamaan dengan sampah lainnya karena kurangnya fasilitas pengelolaan sampah jenis infeksius. Tentu saja pengelolaan sampah dengan cara seperti ini dapat menularkan berbagai penyakit serta pencemaran lingkungan seperti pencemaran air, udara dan tanah. Berdasarkan permasalahan tersebut maka tujuan dari pengabdian ini adalah pengembangan teknologi dan inovasi yang dapat membantu mengatasi permasalahan lingkungan, termasuk pengelolaan sampah infeksius. Tahapan metode pengabdian pada pengabdian ini menggunakan metode Design Thinking yang terdiri dari tahapan, empathize, define, ideate, prototype, dan test.

Kata kunci: Pengelolaan Sampah, Sampah Infeksius, Sampah Popok dan Pembalut, Teknologi Pengelolaan Sampah

ABSTRACT

One of the urgent issues worldwide is infectious waste, which impacts both the environment and health. Infectious waste includes various types of medical waste, such as disposable diapers and sanitary pads contaminated with hazardous materials like blood, bodily fluids, and other pathogens. If not properly managed, infectious waste can lead to the spread of diseases. The village of Tanjungrejo, located in the Ngombol subdistrict, has a well-managed TPS3R Waste Bank, but one of the issues they face is the lack of a management method for infectious waste like disposable diapers and sanitary pads. In Tanjungrejo, infectious waste is often disposed of by being dumped into streams or burned along with other waste due to the lack of proper facilities for managing infectious waste. This method of waste management can lead to the transmission of diseases and environmental pollution, such as water, air, and soil contamination. Based on these issues, the aim of this community service project is to develop technologies and innovations to help address environmental problems, including the management of infectious waste. The project will use the Design Thinking method, which includes the stages of empathize, define, ideate, prototype, and test.

Keywords: Waste Management, Infectious Waste, Diaper and Sanitary Napkin Waste, Waste Management Technology

1. Pendahuluan

1.1. Permasalahan Mitra

Sampah infeksius menjadi salah satu masalah lingkungan dan kesehatan yang semakin mendesak di seluruh dunia. Sampah infeksius mencakup berbagai jenis limbah medis, termasuk popok sekali pakai dan pembalut wanita yang terkontaminasi oleh bahan-bahan berbahaya seperti darah, cairan tubuh dan patogen lainnya yang dapat mengakibatkan penyebaran penyakit jika tidak ditangani dengan benar (Fikri *et al.*, 2023) (Farkhati and Mulasari, 2022).

Pembalut sekali pakai sangat mudah ditemukan di pasaran, dan oleh karena itu, mayoritas perempuan di Indonesia menggunakannya sebagai alat sanitasi selama masa menstruasi. Menurut data dari Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia pada tahun 2015, jumlah pembalut yang digunakan oleh perempuan di Indonesia yang berada dalam usia subur mencapai sekitar 67 juta orang, dengan perkiraan penggunaan mencapai 1,4 miliar per bulan. Dengan volume sampah sebanyak ini, sampah pembalut di Indonesia mencapai 26 ton setiap harinya (Pristya and Amalia, 2021). Pada konteks ini, limbah dari pembalut sekali pakai memerlukan waktu yang sangat lama untuk mengalami proses degradasi alami, yaitu sekitar 200-800 tahun, sebelum akhirnya terurai sepenuhnya. Akhirnya, limbah tersebut akan terakumulasi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), di mana akan bercampur dengan jenis sampah lainnya. Hal ini dapat menyebabkan produksi gas metana yang dapat mencemari lingkungan, serta pembentukan lapisan plastik yang akan berubah menjadi mikroplastik (Herlambang, Sutanto and Wibowo, 2016) (Prianto and Murti, 2024).

Menurut peneliti dari Ecoton, Prigi Arisandi menjelaskan bahwa pembuangan popok secara sembarangan menjadi hal yang lumrah di Indonesia. Fenomena ini didukung dengan semakin banyaknya sampah popok sekali pakai yang mengotori aliran sungai di Indonesia. Sebagai contohnya, di wilayah Jawa Timur, menurut data Common Seas pada tahun 2022, terdapat hampir 2 juta hingga 3 juta sampah popok yang masuk dan mengotori sungai brantas. Sampah popok sekali pakai juga menjadi salah satu sampah yang mendominasi sampah plastik yang hanyut ke laut yaitu sekitar 21% dari total sampah yang hanyut ke laut (Hamar *et al.*, 2023).

Di desa Tanjungrejo sendiri, volume sampah setiap tahunnya mengalami kenaikan, yaitu 1-2ton sampah per bulan dan itu belum termasuk sampah jenis infeksius sekali pakai seperti popok dan pembalut wanita. Solusi terdahulu pengelolaan sampah infeksius di Desa Tanjungrejo dilakukan dengan cara dibuang pada aliran anak sungai atau dibakar bersamaan dengan sampah lainnya karena kurangnya fasilitas pengelolaan sampah jenis infeksius. Tentu saja pengelolaan sampah dengan cara seperti ini dapat menularkan berbagai penyakit serta pencemaran lingkungan seperti pencemaran air, udara dan tanah. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkan pengembangan teknologi dan inovasi yang dapat membantu mengatasi permasalahan lingkungan, termasuk pengelolaan sampah infeksius.

Pengabdian mengenai alat penghancur sampah infeksius, khususnya yang ditujukan untuk popok sekali pakai dan pembalut wanita, memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi dampak negatif dari sampah infeksius terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Alat ini diharapkan dapat mengurangi volume sampah infeksius, menghancurkan bahan-bahan infeksius, dan menghasilkan produk yang lebih aman untuk dibuang. Terdapat dua solusi yang ditawarkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Solusi yang Ditawarkan

Solusi	Kelebihan	Kekurangan
Alat penghancur sampah dengan sistem dicacah (blender) dan sistem sterilisasi dengan cara di bakar	Hasil penghancuran lebih baik karena dicacah dengan sistem blender, Sistem sterilisasi lebih cepat karena dibakar.	Butuh daya listrik yang lebih besar karena butuh penggerak untuk motor. Lebih mahal karena butuh elemen pemanas untuk sistem pembakaran.
Alat penghancur sampah dengan sistem tekan (<i>press</i>) dan sistem sterilisasi dengan cara di uap panas	Lebih murah dan tidak membutuhkan daya listrik yang besar	Hasil penghancur tidak terlalu baik karena menggunakan sistem <i>press</i> . Butuh waktu lama untuk sterilisasi karena menggunakan sistem uap

1.2. Tujuan Khusus

Tujuan pengabdian ini adalah memberikan solusi pada masalah yang terjadi pada desa Tanjungrejo terkait pengelolaan sampah infeksius jenis popok dan pembalut sekali pakai, berupa alat penghancur sampah infeksius jenis popok dan pembalut sekali pakai guna mengurangi dampak negatif pencemaran limbah/sampah infeksius.

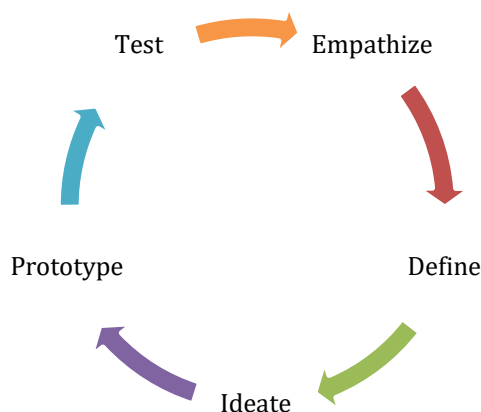
1.3. Urgensi Pengabdian

Adapun urgensi kegiatan pengabdian ini adalah,

1. Sebagai bentuk kontribusi pada bumi untuk melestarikan lingkungan dengan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dengan pengelolaan sampah infeksius yang tidak tepat;
2. Sebagai bentuk kontribusi pada kesehatan Masyarakat dengan memberikan contoh pengelolaan sampah infeksius yang benar;
3. Sebagai bentuk kontribusi pada pegebanan teknologi dalam pengelolaan sampah yang memberikan solusi konkrit terkait pengelolaan sampah infeksius di Indonesia.

2. Metodologi Penelitian

Pada pengabdian ini diterapkan metode *Design Thinking* yang terdiri dari tahapan, *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *test*, siklus pengabdian menggunakan metode *design thinking* ditunjukkan pada Gambar 1. *Design thinking* adalah metodologi desain yang memberikan pendekatan berbasis solusi untuk memecahkan masalah. Hal ini sangat berguna untuk menghadapi masalah-masalah kompleks yang ada yang dihadapi. Selain memecahkan masalah, *design thinking* juga memahami kebutuhan manusia yang terlibat.



Gambar 1. Siklus Pengabdian Menggunakan Metode *Design Thinking*

Adapun tahapan pengabdian menggunakan metode *design thinking* diuraikan sebagai berikut, pada tahapan *empathize* terhadap masalah yang sedang dihadapi dan berusaha memecahkannya. Dalam tahap ini, penting untuk mendekati komunitas atau kelompok yang terlibat, mencoba memahami kebutuhan dan harapan mereka. Ini bisa dilakukan dengan melakukan kunjungan langsung ke lapangan, berinteraksi secara langsung dengan mereka, dan memahami situasi di lapangan serta kendala yang mereka hadapi.

Menurut Pasal 1 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah medis adalah hasil sisa dari aktivitas atau proyek yang mengandung unsur-unsur berbahaya yang dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia serta kelangsungan hidup organisme lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kategori sampah infeksius dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat potensi bahayanya, volume, dan sifat persistensinya yang dapat menyebabkan masalah, seperti yang dijelaskan dalam pedoman Depkes RI tahun 2002.

Masalah utama dalam penanganan limbah infeksius adalah risiko penularan oleh agen infeksius. Risiko ini dapat muncul selama pembuangan, pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan, dan penanganan limbah infeksius baik di tempat pembuangan maupun di luar tempat pembuangan. Untuk mengatasi risiko ini, kontainer atau wadah untuk limbah infeksius perlu dipertimbangkan dengan cermat. Prinsip dasar dalam pengelolaan limbah medis adalah untuk segera menangani limbah setelah dihasilkan, dengan penyimpanan menjadi pilihan terakhir jika pengolahan langsung tidak mungkin. Dalam penyimpanan, beberapa faktor penting adalah melengkapi tempat penyimpanan dengan penutup, memisahkan limbah medis dari limbah non-medis, membatasi akses, serta memberikan label dan memilih lokasi penyimpanan yang sesuai. Dalam strategi pengolahan dan pembuangan limbah rumah sakit, beberapa sistem yang digunakan mencakup *autoclaving*, desinfeksi dengan bahan kimia, dan insinerator. Setiap sistem memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dan harus dipilih sesuai dengan jenis limbah medis yang dihasilkan dan persyaratan lingkungan setempat (Septiani, Nurhayati and Pujiono, 2023).

Akibat dari sampah infeksius yang mengandung bahan berbahaya dan beracun dapat menciptakan dampak negatif terhadap lingkungan, sekaligus meningkatkan risiko berbagai penyakit yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia serta ekosistem di sekitarnya. Dampak ini berkisar dari efek yang ringan hingga yang sangat serius, dan dapat terjadi pada individu yang memiliki kontak langsung dengan limbah berbahaya dan beracun atau yang terpapar oleh udara yang tercemar. Jenis sampah berbahaya dan beracun, seperti sampah infeksius, limbah yang berasal dari tubuh manusia, limbah obat-obatan dan bahan kimia, serta limbah radioaktif, memiliki potensi risiko yang lebih tinggi terhadap kesehatan, termasuk infeksi kulit, antraks, meningitis, AIDS, demam berdarah, hepatitis A, B, C, dan sebagainya.

Dampak negatif dari pengelolaan limbah medis bahan berbahaya dan beracun yang tidak tepat sangat serius bagi lingkungan dan manusia yang menghuni lingkungan tersebut. Jika limbah medis tidak dikelola dengan benar, hal ini dapat mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup, karena lingkungan mereka akan terkontaminasi oleh limbah medis berbahaya dan beracun. Terutama limbah medis seperti benda tajam yang pernah digunakan oleh pasien dengan penyakit serius dapat menularkan penyakit tersebut, baik secara langsung maupun tidak sengaja, jika ada kontak dengan limbah tersebut pada tahap-tahap yang telah disebutkan sebelumnya (Arlinda, Windraswara and Azinar, 2022).

Define, pada fase ini, semua informasi yang berasal dari tahap *emphatize* dikumpulkan, lalu dianalisis, dan akhirnya disatukan untuk mengidentifikasi masalah inti yang akan diselesaikan. Proses *define* ini akan membantu secara signifikan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada karena masalah inti telah ditentukan.

Tahap *ideate* melibatkan generasi ide, yang kemudian dikumpulkan untuk menyelesaikan masalah yang telah didefinisikan pada tahap *define*. Selanjutnya, langkah ini melibatkan penyelidikan

dan pengujian ide-ide guna menemukan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan atau memastikan bahwa elemen-elemen penting telah disediakan untuk mencegah potensi masalah di masa depan. Tabel 2 memperlihatkan beberapa solusi yang pernah ditawarkan untuk pengelolaan sampah infeksius.

Tabel 2. Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
Mesin pengolahan limbah Menggunakan metode pencacah, uap, dan tekanan tinggi (Jaelani, 2024).	Solusi yang ditawarkan peneliti berupa pengolahan sampah jenis infeksius dengan cara dicacah kemudian uap lalu sampah ditekan dengan tekanan (51psi) selama 10 menit.	Kelebihan dari alat ini dapat mensterilkan sampah jenis infeksius kemudian dapat mengolah limbah jenis lain seperti limbah medis. Kekurangan dari alat ini waktu pemrosesan sampah sekitar 30 menit dan harus dipantau terus menerus
Incinerator Pembakaran limbah dengan cara dibakar dengan memanfaatkan teknologi pembakaran pada suhu tertentu (Junaidi, Kurniawan and Lasmana, 2021).	Solusi yang ditawarkan peneliti pengolahan limbah dengan cara memanfaatkan teknologi pembakaran dengan suhu tinggi yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber listrik.	Kelebihan dari alat ini Hemat lahan, mengurangi sampah secara signifikan, sumber energi listrik, limbah cepat teratasi. Kekurangan dari alat ini biaya mahal, biaya operasional mahal, tidak dapat memproses semua jenis limbah padat, menghasilkan polutan
Tong nyampah Pengolahan sampah jenis infeksius dengan memanfaatkan teknologi hidrotermal (Kristyawan, 2017).	Solusi yang ditawarkan peneliti berupa pengolahan sampah jenis infeksius dengan menggunakan teknologi hidrotermal dengan prinsip kerjanya sama dengan presto, yang nantinya keluaran dari sampah dalam keadaan hancur dan dapat diolah kembali	kelebihan dari alat ini keluaran dari sampah dalam keadaan higienis dan aman dari virus, mudah dalam mengoperasikannya Kekurangan dari alat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pengoperasian dengan daya tampung yang kurang banyak, serta membutuhkan waktu sekitar 15 menit dalam proses pengolahannya.

Tahapan selanjutnya adalah tahapan *prototype*, pada tahap prototipe, dilakukan pembuatan versi produk yang paling kecil dengan beberapa fitur guna mengeksplorasi solusi terhadap masalah yang muncul pada tahap sebelumnya. Prototipe dapat mengalami pengujian oleh anggota tim internal maupun individu di luar tim. Setelah menerima umpan balik, dilakukan perbaikan terhadap prototipe ini untuk menciptakan versi prototipe yang optimal.

Tahapan terakhir adalah *testing*, produk diuji kepada Masyarakat atau pengguna, dengan tujuan mengidentifikasi masalah dan pemahaman yang lebih mendalam tentang produk tersebut. Hasil pengujian digunakan untuk melakukan perubahan dan penyempurnaan produk, sehingga solusi masalah dapat diimplementasikan.

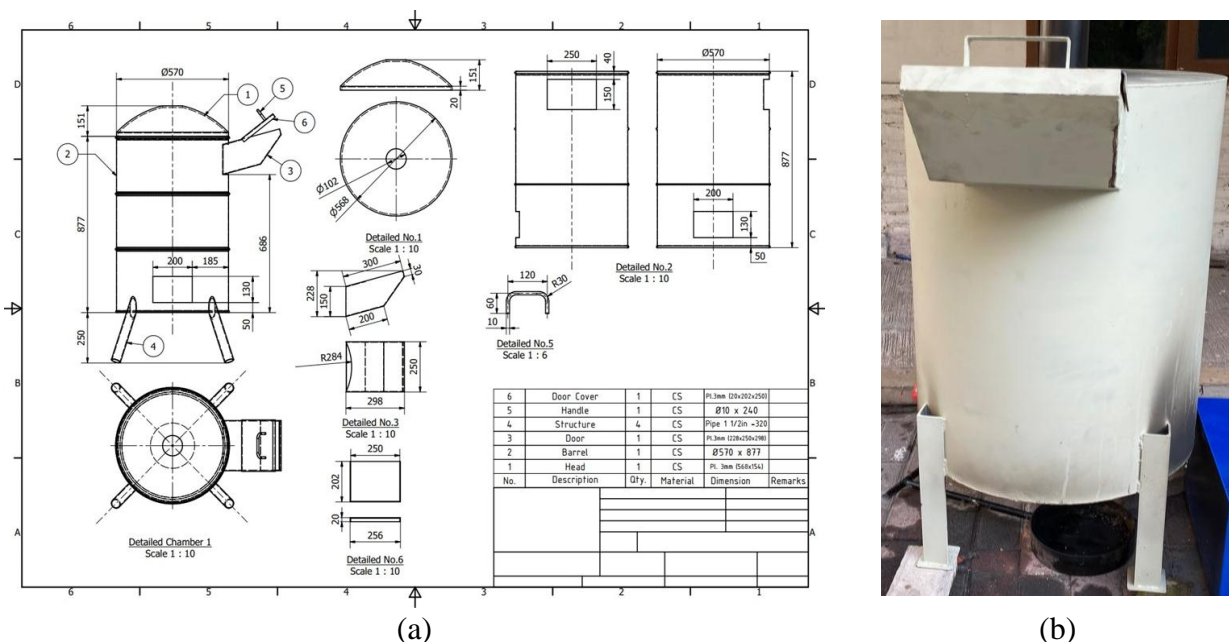
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rancangan Sistem

a. Tong Pembakaran

Rangka utama alat ini dirancang dalam bentuk tabung, terbuat dari plat besi berkualitas tinggi dengan ketebalan 3 mm, yang disusun secara dua lapis untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap panas. Di antara lapisan plat besi tersebut, terdapat isolator khusus yang berfungsi mengurangi panas dari proses pembakaran, sehingga meningkatkan efisiensi termal dan keamanan operasional. Rangka utama ini memiliki dimensi spesifik, yaitu tinggi 877 mm dan diameter 570 mm, yang dipilih untuk memastikan stabilitas dan kapasitas pembakaran yang optimal. Struktur tabung ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu bagian kepala (*head*), pintu, dan tiang penyangga.

Bagian kepala menggunakan material yang sama, yakni plat besi dengan ketebalan 3 mm, dibentuk menyerupai setengah lingkaran dengan sudut 45° , memberikan kekuatan tambahan dan mencegah deformasi akibat panas. Pintu pada tabung ini dirancang untuk memudahkan proses memasukkan sampah ke dalam tong pembakaran. Pintu ini dilengkapi dengan pegangan (*handle*) ergonomis yang memungkinkan operator membuka dan menutupnya dengan mudah dan aman. Pegangan juga berfungsi meminimalkan keluarnya asap saat pintu dibuka, sehingga memastikan asap pembakaran mengalir optimal ke sistem pipa filtrasi, mengurangi polusi udara dan meningkatkan efisiensi pembakaran, ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Desain Tong Pembakaran, (a) Gambar Teknik, (b) Hasil Akhir Tong Pembakaran

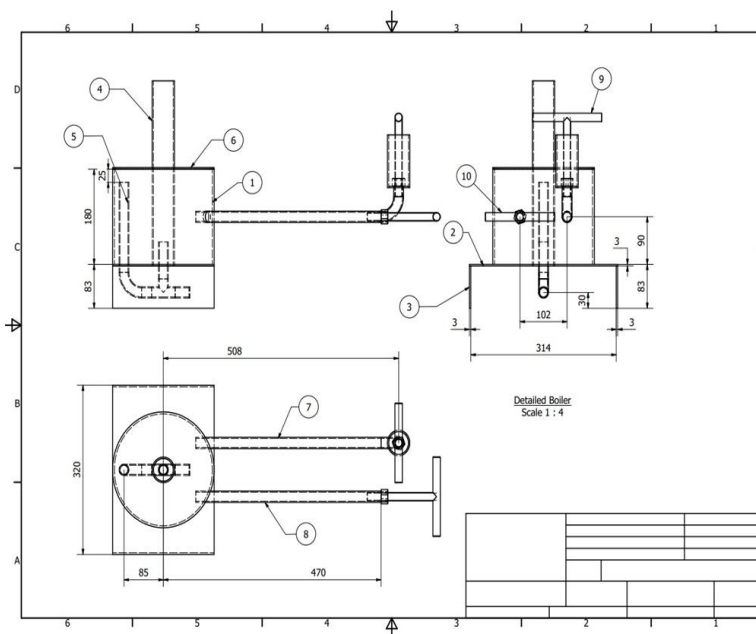
b. Tungku Pembakaran

Burner atau tungku pembakaran merupakan komponen utama yang sangat vital dalam keseluruhan sistem insinerator. Desain *burner* ini bertujuan untuk memastikan pembakaran sampah infeksius, seperti popok sekali pakai dan pembalut wanita, berlangsung efisien dan menyeluruh. *Burner* menggunakan bahan bakar dari oli bekas, yang dipilih karena ketersediaannya melimpah serta dianggap ramah lingkungan sebagai bentuk pemanfaatan limbah. *Burner* ini didesain menggunakan material tahan panas, yang mampu bertahan pada suhu tinggi dan kondisi keras selama proses pembakaran. Material konstruksinya adalah plat besi, yang diharapkan mampu menahan suhu ekstrem selama proses tersebut.

Burner ini juga dilengkapi dengan nosel khusus untuk oli bekas, yang dirancang untuk memastikan distribusi bahan bakar secara merata dan mendukung pembakaran yang efisien. Selain

itu, *burner* ini memiliki ketel air (*boiler*) yang dirancang untuk mendistribusikan uap yang dihasilkan dari pemanasan air ke dalam tungku pembakaran. Ketel air ini berbentuk tabung dengan diameter 21 cm, ukuran yang dipilih untuk mengoptimalkan kapasitas penampungan air dan efisiensi pemanasan. Tabung ketel ini terbuat dari material tahan panas yang mampu menahan suhu tinggi dan tekanan uap yang dihasilkan selama proses pembakaran.

Di dalam tabung ketel, terdapat nosel yang dirancang untuk mendistribusikan uap secara efisien ke dalam tungku pembakaran. Nosel ini berfungsi sebagai saluran distribusi yang memastikan uap tersebar merata ke seluruh area pembakaran, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan konversi energi. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai desain dan hasil realisasi tungku pembakaran, ditampilkan pada Gambar 3.



(a)

(b)

Gambar 3. Desain Tungku Pembakaran, (a) Gambar Teknik, (b) Hasil Akhir Tungku Pembakaran

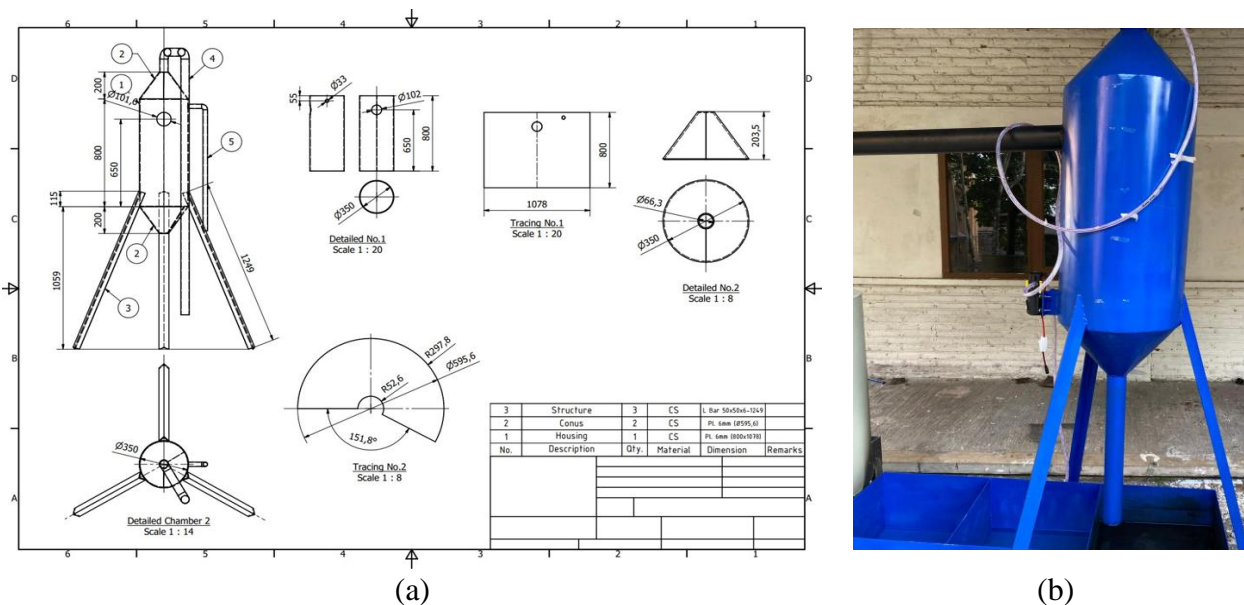
c. Rancangan Filter Asap

Sistem filtrasi asap merupakan komponen kritis dalam desain insinerator, yang bertujuan untuk mengurangi emisi polutan dan memastikan bahwa asap hasil pembakaran memenuhi standar lingkungan yang ketat. Sistem ini dirancang untuk menangkap dan mengolah partikel berbahaya, gas beracun, serta polutan lainnya sebelum asap dilepaskan ke atmosfer. Proses ini tidak hanya penting untuk menjaga kualitas udara, tetapi juga untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku.

Sistem filtrasi asap didesain berbentuk tabung silinder dan dilengkapi dengan beberapa pipa yang dipasang secara strategis untuk mengoptimalkan proses filtrasi. Setiap pipa memiliki fungsi spesifik yang mendukung efisiensi keseluruhan sistem. Salah satu pipa dihubungkan dengan pompa air, yang berfungsi untuk mentransfer air ke dalam tabung. Air yang dipompa kemudian disemprotkan ke dalam tabung melalui nosel khusus, menciptakan efek semprotan yang menangkap partikel-partikel kecil serta gas beracun dalam asap, mengubahnya menjadi partikel debu yang lebih mudah ditangani.

Proses ini bekerja melalui mekanisme penyemprotan yang menggabungkan partikel dan gas dengan tetesan air, sehingga polutan terperangkap dalam cairan. Setelah polutan terikat dengan air, hasil filtrasi berupa debu dan air kotor dikumpulkan dan dibuang melalui pipa pembuangan yang didesain khusus di bagian bawah tabung. Pipa pembuangan ini memastikan bahwa air yang telah tercemar oleh polutan dapat diolah atau dibuang dengan aman sesuai standar lingkungan yang

berlaku. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai desain dan konstruksi sistem filtrasi asap, gambar teknis pada Gambar 4 dapat dijadikan acuan, menampilkan detail dari setiap komponen sistem.



Gambar 4. Desain Filter Asap, (a) Gambar Teknik, (b) Hasil Akhir Filter Asap

d. Panel Surya

Penggunaan panel surya dengan kapasitas 100 watt peak (wp) untuk menjalankan pompa air 12V 3A (36W) dalam sistem filtrasi asap adalah langkah efisien dan ramah lingkungan. Panel surya ini mengubah energi matahari menjadi listrik untuk mengoperasikan pompa air, yang berfungsi menyuplai air ke dalam sistem filtrasi guna menangkap dan menyaring partikel asap sebelum dilepaskan ke atmosfer. Dengan kapasitas 100wp, panel surya mampu menghasilkan hingga 100 watt di bawah kondisi sinar matahari maksimal, yang jauh lebih tinggi dari kebutuhan daya pompa air sebesar 36 watt.

3.2. Prosedur Penggunaan Alat

Penggunaan alat penghancur sampah infeksius yang dirancang untuk popok sekali pakai dan pembalut wanita memerlukan pemahaman dan langkah-langkah yang sistematis untuk memastikan operasional yang aman dan efisien. Alat ini menggunakan metode pembakaran untuk meminimalisir dampak lingkungan dari sampah infeksius, serta dilengkapi dengan sistem filtrasi asap yang didukung oleh panel surya untuk mengurangi emisi polutan. Prosedur berikut dirancang untuk memberikan panduan langkah demi langkah dalam mempersiapkan, mengoperasikan, dan memelihara alat ini. Dengan mengikuti prosedur ini, pengguna dapat memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik, efisien, dan aman, sekaligus memaksimalkan masa pakai dan kinerja dari alat tersebut. Berikut adalah tahapan dan langkah-langkah yang harus diikuti:

a. Persiapan Awal

Berikut persiapan awal yang perlu dilakukan untuk pengoperasian alat penghancur sampah popok,

- 1) Pastikan alat dalam kondisi baik dan tidak ada kerusakan pada bagian luar maupun dalam.
- 2) Siapkan oli bekas sebagai bahan bakar untuk menyalakan api.
- 3) Siapkan air untuk proses penguapan pada ketel air.
- 4) Pastikan panel surya terhubung dengan benar pada baterai dan SCC.

b. Prosedur Operasional

Berikut prosedur operasional untuk pengoperasian alat penghancur sampah popok,

- 1) Isi ketel air menggunakan air dengan saluran pipa yang tersedia dan pastikan air melebihi batas.
- 2) Nyalakan api dengan bantuan bahan yang mudah terbakar, seperti tisu atau kertas.
- 3) Sambil menunggu ketel air mencapai suhu optimal, masukan sampah melalui pintu yang tersedia pada tong pembakaran.
- 4) Tutup pintu kembali untuk mencegah keluarnya asap.
- 5) Biarkan sampah terbakar (sekitar 55 menit).
- 6) Nyalakan pompa air yang sudah terhubung ke baterai untuk proses filtrasi pada asap.

3.3. Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

a. Efektivitas Sistem dalam Pemrosesan

Pengujian efektivitas sistem pembakaran sampah infeksius dilakukan untuk menilai seberapa efektif alat ini dalam mengurangi volume sampah dengan memanfaatkan proses pembakaran yang intensif. Dalam pengujian ini, total berat sampah yang dimasukkan ke dalam alat adalah 3 kg per siklus, terdiri dari popok sekali pakai dan pembalut wanita. Setelah proses pembakaran selesai, berat residu (abu) yang tersisa adalah kurang dari 1 kg. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar material organik dalam sampah berhasil dibakar secara efektif, menyisakan hanya sebagian kecil bahan tidak terbakar, seperti gel dari popok.

b. Tingkat Isolasi Panas

Pengujian tingkat isolasi panas dari alat ini dilakukan dengan menggunakan termokopel K, yang merupakan jenis termokopel yang terkenal karena rentang suhu operasinya yang luas dan ketepatan pengukurannya. Termokopel K mampu mengukur suhu dari -200°C hingga $+1260^{\circ}\text{C}$, sehingga sangat cocok untuk memantau suhu tinggi yang dihasilkan selama proses pembakaran sampah infeksius. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa alat ini memiliki isolasi termal yang sangat baik, dengan suhu internal mencapai hingga 820°C selama proses pembakaran, Isolasi termal yang efektif memastikan bahwa alat ini dapat mengolah sampah infeksius dengan efisiensi tinggi dan risiko minimal. Pada Tabel 3 hasil uji coba pengukuran suhu terlihat bahwa suhu dalam dan luar tong bakar sangat berbeda, dimana suhu luar tong pembakaran jauh lebih rendah dibandingkan suhu luar.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Pengukuran Suhu

Waktu (s)	Suhu Dalam Tong Pembakaran ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Luar Tong Pembakaran ($^{\circ}\text{C}$)
0	30	30
10	354	31
20	495	30
30	632	29
40	764	32
50	800	30
60	823	30

c. Daya Tahan

Daya tahan atau ketahanan alat dalam jangka panjang diuji dengan mengoperasikan alat secara terus-menerus dan mencatat kebutuhan perawatan atau perbaikan. Hasil menunjukkan bahwa selama uji coba sebanyak 3 hari berturut-turut, alat belum mengalami kerusakan atau memerlukan perubahan. Untuk data hasil dari pengujian ini akan ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian Daya Tahan Alat

Hari	Waktu Operasional	Masalah yang Ditemui	Kebutuhan Perawatan
1	4 jam	Tidak ada	Tidak ada
2	4 jam	Tidak ada	Tidak ada
3	4 jam	Tidak ada	Tidak ada

Daya tahan yang tinggi berarti alat ini dapat diandalkan untuk penggunaan rutin dalam pengelolaan sampah infeksi, mengurangi frekuensi dan biaya perawatan. Ketahanan yang baik juga berarti alat dapat beroperasi dengan gangguan minimal, yang penting untuk fasilitas yang membutuhkan pemrosesan sampah yang konsisten. Fokus pada peningkatan sistem filtrasi asap dapat mengurangi kebutuhan perawatan rutin dan meningkatkan kinerja keseluruhan alat. Daya tahan yang baik juga menunjukkan bahwa alat ini dapat memberikan nilai yang baik dalam jangka panjang dengan biaya operasional yang rendah.

3.4. Pengalaman Pengguna

Pengalaman pengguna merupakan prioritas utama dalam pengembangan sistem ini. Pengalaman pengguna mengindikasikan seberapa mudah dan baiknya fungsi atau fitur yang dijalankan agar tujuan utama dari perangkat ini terpenuhi. Ada beberapa capaian yang dilakukan untuk pengetesan. Dari capaian tersebut ada yang dipertahankan dan juga diganti maupun di perbaiki. Tabel pengalaman pengguna akan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai penghancur sampah infeksius sudah berjalan dengan baik.	Dipertahankan
2	Kemudahan	Pengoperasian menggunakan bahan bakar oli bekas	Ukuran button pada apps diperbesar.
3	Keamanan	Penggunaan material plat besi untuk menahan tingkat pemanasan selama proses pembakaran.	Dipertahankan
4	Sistem Pencacah	Tidak menggunakan sistem pencacah karena alasan ekonomis yang kurang memadai.	Dihilangkan
5	Panel Surya	Penggunaan panel surya 100Wp untuk menjalankan sistem filtrasi asap	Dipertahankan

3.5. Tantangan dalam implementasi

Berikut adalah tantangan dalam implementasi alat,

a. Keterbatasan Infrastruktur

Tidak semua daerah memiliki akses listrik yang memadai untuk menjalankan alat dengan kebutuhan daya tinggi. Infrastruktur pendukung, seperti tempat penyimpanan oli bekas atau akses ke bahan bakar alternatif, mungkin sulit dijangkau di daerah tertentu.

b. Kendala Biaya

Biaya pembuatan alat, termasuk komponen seperti panel surya dan sistem filtrasi asap, relatif tinggi, sehingga membutuhkan pendanaan yang besar untuk implementasi skala luas. Biaya

operasional, terutama terkait penggantian komponen seperti elemen pemanas atau material tahan panas, menjadi beban tambahan bagi pengguna di daerah dengan sumber daya terbatas.

c. Sosialisasi dan Pelatihan Pengguna

Banyak pengguna yang memerlukan pelatihan teknis untuk mengoperasikan alat ini dengan aman dan efisien. Adanya resistensi atau ketidakpahaman masyarakat terhadap teknologi baru dapat menghambat adopsi.

d. Efektivitas Proses

Meskipun alat ini memiliki efisiensi tinggi dalam pembakaran, pengelolaan residu (abu atau limbah lainnya) tetap memerlukan perhatian agar tidak mencemari lingkungan. Pemeliharaan dan Daya Tahan Alat membutuhkan perawatan berkala, seperti penggantian nosel atau perbaikan pada sistem filtrasi asap, yang dapat menjadi tantangan di daerah dengan akses terbatas pada layanan teknis. Risiko keausan komponen akibat paparan panas ekstrem atau kondisi lingkungan yang keras.

e. Dampak Lingkungan

Sistem pembakaran menghasilkan emisi gas yang memerlukan pengolahan filtrasi optimal agar tidak mencemari udara. Pembuangan hasil filtrasi, seperti air kotor dari sistem filtrasi asap, membutuhkan sistem pengolahan limbah yang memadai.

f. Regulasi dan Kepatuhan

Alat harus memenuhi standar lingkungan dan kesehatan yang berlaku, seperti regulasi terkait emisi dan pengolahan limbah medis. Adanya perbedaan regulasi di setiap daerah dapat menyulitkan penyesuaian implementasi.

3.6. Dokumentasi

Gambar 5 dan 6 memperlihatkan dokumentasi penyerahan dan sosialisasi alat.



Gambar 5. Penyerahan Alat Secara Simbolis Kepada Camat Ngombol, Desa Tanjung Rejo



Gambar 6. Sosialisasi Penggunaan Alat

Daftar Pustaka

- Arlinda, V.P., Windraswara, R. and Azinar, M. (2022) 'Analisis Pengelolaan Limbah Medis'.
- Farkhati, D.U. and Mulasari, S.A. (2022) 'Tantangan Limbah Infeksius Corona Virus Disease 2019 (Covid-19) yang Berasal dari Rumah Tangga', *JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 7(4), p. 329. Available at: <https://doi.org/10.30829/jumantik.v7i4.11221>.
- Fikri, E. *et al.* (2023) 'Penerapan Metode Daur Ulang Sampah B3 Rumah Tangga Infeksius Dengan Pendekatan Life Cycle Assessment Melalui Pemberdayaan Masyarakat', *Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 8(3). Available at: <https://doi.org/10.30604/jika.v8i3.981>.
- Hamar, B. *et al.* (2023) 'Sosialisasi Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Limbah Rumah Tangga Di Desa Talaga Baru Kecamatan Lasalimu Kabupaten Buton', 02(8), pp. 1693–1698.
- Herlambang, A., Sutanto, H. and Wibowo, K. (2016) 'Produksi Gas Metana Dari Pengolahan Sampah Perkotaan Dengan Sistem Sel', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(3), p. 389. Available at: <https://doi.org/10.29122/jtl.v11i3.1184>.
- Jaelani, M.A.K. (2024) 'Uji Konsumsi Bahan Bakar Mesin Pencacah Plastik', *Nozzle : Journal Mechanical Engineering*, 13(1). Available at: <https://doi.org/10.30591/nozzle.v13i1.6675>.
- Junaidi, J., Kurniawan, E. and Lasmana, A. (2021) 'Analisis Laju Aliran Udara dan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Terhadap Beban Pembakaran Sampah pada Incinerator Berbahan Bakar Limbah Oli Bekas', *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i1.838>.
- Kristyawan, I.P.A. (2017) 'Pengolahan Sampah Dengan Teknologi Hidrotermal', *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10(1). Available at: <https://doi.org/10.29122/jrl.v10i1.2120>.
- Prianto, R.O.P. and Murti, R.H.A. (2024) 'Estimasi Timbulan Emisi Gas Metana dari Kegiatan Penimbunan Sampah di TPA Desa Selopuro Kabupaten Ngawi dengan Metode IPCC 2006'.
- Pristya, T.Y.R. and Amalia, R. (2021) 'Warga TPA Cipayung Pegiat Zero Waste: Produksi Pembalut Kain Selamatkan Diri dan Lingkungan'.
- Septiani, R.A., Nurhayati, A. and Pujiono, P. (2023) 'Penanganan Limbah Medis Padat Dan Limbah Medis Cair', *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(1), pp. 58–69. Available at: <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i1.2215>.