

ANALISIS SISA HASIL PEMBAKARAN MENGGUNAKAN INSINERATOR SEDERHANA TERHADAP SISA PEMBAKARAN SECARA KONVENSIONAL

Benny Purnawan¹, Dadang Krisdayadi²

Departemen Teknik Industri¹

Universitas Teknologi Bandung¹, Realta Teknik²

bennypurnawan@utb-univ.ac.id¹, dadangkrisdayadi@gmail.com²

Abstrak

Setiap hari limbah padat akan bertambah sejalan dengan pemenuhan kebutuhan hidup dari setiap manusia dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Salah satu jenis limbah padat yang sering dilihat dan didengar adalah limbah rumah tangga, atau sering dikenal dengan istilah sampah rumah tangga. Tentu saja pertambahan sampah rumah tangga ini akan menjadi masalah yang harus diberi perhatian khusus karena kalau tidak ditindak lanjuti dengan baik, akan menimbulkan penimbunan sampah yang sangat besar. Dan penimbunan sampah ini bila berlarut-larut tidak ditangani dengan baik dan benar, maka akan menimbulkan masalah baru yaitu gunung sampah yang tidak sehat dan menjadi sumber penyakit bagi masyarakat sekitar. Sehingga diperlukannya penanganan sampah ini yang sejalan dengan penambahan jumlah sampah setiap hari. Pengelolaan limbah padat atau sampah rumah tangga ini merupakan salah satu tantangan utama dalam bidang teknik lingkungan dan teknik mesin terutama lingkungan masyarakat saat ini, khususnya terkait efektivitas pembakaran dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Metode pembakaran konvensional masih banyak digunakan, namun sering menyisakan residu pembakaran yang tinggi serta berpotensi menghasilkan zat berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan hasil pembakaran antara metode konvensional dan penggunaan insinerator sederhana, ditinjau dari tingkat efektivitas dan efisiensi pembakaran, jumlah residu, dan potensi bahaya dioksin. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan membandingkan karakteristik residu hasil pembakaran pada kedua metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa insinerator sederhana dengan temperatur operasi di atas 850°C mampu menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, ditandai dengan residu yang lebih sedikit dan efisiensi pembakaran yang lebih tinggi. Serta tidak menyebabkan keracunan dioksin, di mana ini dapat timbul apabila pembakaran dilakukan tidak sesuai dengan kondisi pembakaran yang baik.

Kata kunci : Insinerator sederhana, pembakaran konvensional, residu pembakaran, efektif dan efisien, temperatur tinggi dan dioksin.

Abstract

Every day, solid waste continues to increase in line with the fulfillment of human needs in daily life. One type of solid waste that is commonly seen and discussed is household waste, often referred to as domestic waste. The continuous increase in household waste certainly becomes a problem that requires special attention because, if it is not properly managed, it will result in a massive accumulation of waste. If this waste accumulation persists without proper and correct handling, it will create new problems in the form of unhealthy waste mountains that become sources of disease for the surrounding community. Therefore, waste management is needed in accordance with the daily increase in waste volume. The management of solid waste or household waste is one of the main challenges in the fields of environmental engineering and mechanical engineering, particularly in today's community environment, especially concerning the effectiveness of combustion and the resulting environmental impacts. Conventional combustion methods are still widely used; however, they often leave high combustion residues and have the potential to produce hazardous substances. This study aims to analyze the comparison of combustion results between conventional methods and the use of a simple incinerator, in terms of combustion effectiveness and efficiency, the amount of residue, and the potential hazard of dioxins. The research method used is an experimental method by comparing the characteristics of combustion residues produced by the two methods. The results show that a simple incinerator with an operating temperature above 850°C is able to produce more complete combustion, indicated by lower residue levels and higher combustion efficiency. In addition, it does not cause dioxin poisoning, which may occur if combustion is carried out under improper combustion conditions.

Keywords : Simple incinerator, conventional combustion, combustion residue, effectiveness and efficiency, high temperature, dioxins.

I. PENDAHULUAN

Era globalisasi dan persaingan industri yang semakin ketat, kualitas produk menjadi faktor utama dalam menentukan keberhasilan dan daya saing perusahaan manufaktur. Konsumen tidak hanya mempertimbangkan harga, tetapi juga menuntut produk dengan kualitas yang konsisten dan sesuai standar. Oleh karena itu, perusahaan dituntut Peningkatan aktivitas masyarakat pada umumnya, peningkatan industri pariwisata serta urbanisasi harian masyarakat tentunya menyebabkan volume limbah padat atau sampah meningkat secara signifikan. Tentunya dengan semakin bertambahnya sampah setiap hari akan menghasilkan tumpukan-tumpukan sampah yang semakin banyak. Semakin banyak sampah yang tertumpuk dan ada dimana-mana tumpukan sampah tersebut, ini dari segi estetika tentunya tidak enak dipandang serta dari segi kesehatan ini menjadi sumber masalah baru bagi penduduk suatu kota. Yaitu akan meningkatnya sumber penyakit yang mengancam kesehatan masyarakat sekitar. Terutama masyarakat sekitar yang tinggal dan hidup sehari-hari disekitar tumpukan sampah tersebut. Hal ini terjadi di banyak kota di Indonesia, terutama kota yang menjadi sentra ekonomi, sentra pemukiman dan terutama sentra pariwisata bagi kota-kota kecil disekitar kota tersebut. Karena dengan menjadi sentra – sentra tersebut maka akan menyebabkan urbanisasi harian masyarakat untuk datang ke kota tersebut. Tidak jarang urbanisasi harian ini terjadi setiap hari di jam kerja dan ditambah urbanisasi akhir pekan atau musim liburan. Dengan adanya mobilisasi penduduk di kota-kota sekitar terhadap kota yang menjadi sentra, ini juga menambah volume

sampah di kota-kota sentra tersebut. Tumpukan sampah yang setiap hari bertambah dan apabila tidak segera diatasi, maka akan menjadi masalah bagi kota tersebut. Selain dari segi estetika keindahan kota tentunya yang menjadi perhatian adalah semakin tingginya tingkat wabah penyakit yang berasal dari tumpukan sampah. Terutama sampah-sampah yang sudah lama tidak ditangani dengan baik dan cepat. Kota Bandung termasuk salah satu kota yang menghadapi permasalahan sampah yang semakin hari semakin bertambah, yang dikarenakan sebagai kota sentra dan lambatnya penanganan terhadap sampah yang bertambah setiap harinya. Perbandingan pertambahan sampah tidak sebanding dengan penanganan limbah padat sampah ini. Tentunya ini menjadi perhatian dari pemerintah kota dan seharusnya semua masyarakat kota ini. Karena tumpukan sampah di kota Bandung sudah semakin banyak dan masalah kesehatan yang muncul dari kondisi ini juga semakin memprihatinkan. Penyakit semakin bertambah, limbah cair atau lindi yang semakin lama sudah mulai mencemari sungai-sungai. Masalah tumpukan sampah ini yang harus secara bersama-sama antara perangkat kota dan masyarakat kota mencari solusi penanganan sampah ini dan penanganan sampah yang komprehensif dan menyeluruh. Bukan penanganan sampah yang menimbulkan masalah baru. Jadi diperlukan suatu metode yang komprehensif dan mengatasi dengan tuntas serta mudah diterapkan di tengah masyarakat atau ramah penggunaan terhadap masyarakat umumnya.

Kota Bandung menghasilkan 1.400-1.500 ton sampah per hari, terutama pada akhir pekan. Namun, pengelolaan sampah oleh vendor masih menghadapi sejumlah kendala [1]. Untuk mengatasi permasalahan di kota Bandung ini supaya tidak menyebabkan sampah yang semakin bertambah secara eksponensial dan menghasilkan gunung sampah di tengah-tengah setiap pemukiman masyarakat serta berpotensi meningkatnya warga yang terjangkit penyakit, maka dibutuhkan suatu metode untuk mengatasi masalah sampah ini. Salah satu metode yang umum digunakan oleh masyarakat luas untuk mengurangi volume sampah disekitar tempat tinggal mereka adalah dengan proses pembakaran terhadap sampah-sampah yang sudah mereka kumpulkan setiap hari [2]. Pembakaran secara konvensional ini yang paling sering dilakukan oleh masyarakat pada umumnya karena mudah untuk dilakukan. Pembakaran konvensional bisa dilakukan dengan sistem terbuka, yaitu dengan tungku sederhana atau di masyarakat dikenal menggunakan wadah bak sampah sebagai penampungan sampah dan lalu dibakar. Sehingga metode yang paling mudah dan umum dilakukan bisa dikatakan adalah pembakaran secara terbuka ini [3]. Namun metode ini memiliki berbagai kelemahan, seperti pembakaran yang tidak sempurna dan menyebabkan asap tebal, tentunya resiko adanya zat beracun yang dikenal sebagai dioksin yang dihasilkan dari pembakaran secara terbuka ini. Serta kelemahan lain yang timbul dan menjadi masalah baru adalah tingginya sisa pembakaran yang dihasilkan. Dan sisa dari hasil pembakaran ini yang menjadi masalah yang ditimbulkan, karena jumlahnya cukup banyak. Maka dibutuhkan metode lain untuk memecahkan permasalahan sampah ini. Metode lain adalah dengan menggunakan Insinerator sebagai alat mengatasi limbah sampah ini. Dimana Insinerator merupakan teknologi pembakaran termal yang dirancang untuk beroperasi pada temperatur tinggi, umumnya di atas 800°C, sehingga mampu mengoksidasi limbah secara lebih sempurna. Teknologi ini banyak digunakan untuk pengolahan limbah berbahaya dan beracun (B3) karena kemampuannya dalam mereduksi volume limbah dan menghancurkan senyawa berbahaya. Dengan tingginya temperatur pembakaran yang digunakan insinerator, dapat membantu dalam menghasilkan sisa hasil pembakaran yang lebih sedikit. Oleh karena itu, diperlukan analisis perbandingan untuk mengetahui sejauh mana keunggulan insinerator dibandingkan pembakaran konvensional terutama dalam hal sisa hasil pembakaran yang dihasilkan. Pengujian secara eksperimental akan dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengujian bahwa sisa hasil pembakaran dengan Insinerator akan lebih sedikit dibandingkan pembakaran secara konvensional. Dan desain Insinerator sederhana yang dirancang ini dapat mencapai sisa hasil pembakaran yang sedikit. Sehingga diharapkan ini dapat diterapkan di tengah masyarakat untuk mengatasi permasalahan sampah di kota Bandung. Jadi diharapkan hasil yang dicapai adalah rancangan insinerator sederhana yang tidak menggunakan biaya yang besar tetapi dapat mengatasi masalah tumpukan sampah dengan sisa pembakaran yang sedikit dan aman untuk kesehatan masyarakat sekitar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan metode yang berawal dari tinjauan pustaka secara sistematis, yang dilanjutkan riset yang mengkombinasikan teori dasar terhadap kondisi lapangan yang terjadi saat ini. Kemudian merancang serta membuat alat insinerator sederhana serta alat pembakaran konvensional sederhana. Dan terakhir dilakukan pengujian dengan kedua alat pembakaran sederhana, baik pembakaran dengan alat sederhana secara konvensional maupun pembakaran dengan insinerator sederhana. Hasil dari pembakaran menggunakan kedua metode ini akan dianalisa sisa hasil masing-masing metode pembakaran ini. Berdasarkan bagan kerangka konseptual ini, kemudian membuat kesimpulan dari eksperimental dan analisa ini.



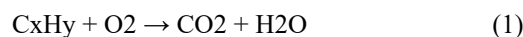
Gambar 1. Bagan Kerangka Konseptual

Proses pembakaran secara umum menjadi salah satu solusi yang masih digunakan oleh masyarakat luas untuk mengatasi permasalahan sampah yang terjadi di sekitar masyarakat termasuk masyarakat kota Bandung. Baik sampah daun kering hingga sampah lainnya. Metode pembakaran secara terbuka atau proses pembakaran terbuka menjadi salah satu cara yang masih banyak ditemukan dan dilakukan oleh masyarakat untuk mengatasi permasalahan sampah yang terjadi di sekitar masyarakat tersebut. Selain menjadi solusi paling mudah namun juga menjadi solusi yang terbilang murah. Untuk terjadinya proses pembakaran itu sangat sederhana, yaitu harus memenuhi 3 (tiga) komponen utama yang biasa dikenal sebagai Segitiga Api. Komponen dari segitiga api itu terdiri dari: [4]

1. Bahan bakar (*Fuel*)
Merupakan semua zat yang dapat terbakar, seperti minyak, bensin, kayu, gas atau bahan kimia lain yang sifatnya mudah terbakar. Bahan bakar inilah merupakan sumber energi yang digunakan dalam proses pembakaran.
2. Oksigen (*Oxygen*)
Merupakan komponen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi dalam suatu proses pembakaran. Sedangkan kondisi udara secara umum di atmosfer mengandung sekitar 21% oksigen. Kandungan ini cukup untuk mendukung proses pembakaran supaya dapat terjadi.
3. Panas (*Heat*)
Panas dibutuhkan untuk memulai suatu proses pembakaran. Kemudian panas diperlukan untuk mempertahankan proses pembakaran supaya tetap berlangsung. Sedangkan untuk sumber panas dapat diperoleh dari beberapa hal yaitu suhu tinggi, lingkungan yang terkompresi, percikan api.

Ketika bahan bakar mencapai temperatur nyala, maka pembakaran akan terjadi dengan sendirinya. Apabila salah satu dari ketiga komponen ini tidak ada, maka proses pembakaran tidak akan terjadi. Apabila proses pembakaran sudah terjadi

dan kemudian salah satu komponen ini tidak ada, maka proses pembakaran pun akan terhenti dengan sendirinya. Sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga komponen ini dibutuhkan secara bersama dalam suatu proses pembakaran. Persamaan dari suatu reaksi pembakaran yang terjadi secara sempurna dapat dituliskan sebagai berikut :



dimana :

- CxHy adalah senyawa hidrokarbon,
- O₂ adalah oksigen,
- CO₂ + H₂O adalah karbon dioksida (CO₂) dan Air (H₂O) yang merupakan hasil dari proses pembakaran sempurna.

Bila melihat dari prinsip dasar segitiga api dan melihat dari persamaan suatu reaksi pembakaran sempurna, maka dalam suatu reaksi pembakaran yang terjadi, oksigen menjadi salah satu komponen yang memegang peranan penting. Karena jumlah oksigen bisa menentukan seberapa besar proses pembakaran yang akan terjadi. Bila mengingat bahwa udara hanya mengandung sekitar 21% oksigen (dalam volume). Sehingga untuk dapat mengetahui kadar oksigen dalam udara, yang dibutuhkan dalam suatu proses pembakaran, maka dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Volume udara} = \frac{\text{mol Oksigen}}{0.21} \quad (2)$$

Dari rumus ini dapat dilihat bahwa untuk setiap mol oksigen, maka udara yang diperlukan sekitar 4,76 kali lebih banyak dari volume oksigen. Oleh karena itu untuk meningkatkan proses pembakaran pada umumnya maka kita perlu menaikkan jumlah volume udara. Dengan meningkatnya volume udara maka akan menaikkan kadar oksigen yang terkandung di dalam udara. Sehingga untuk menaikkan volume udara dalam suatu proses pembakaran, dapat menggunakan alat bantu berupa peniup udara atau *blower* udara dalam rangkaian insinerator sederhana yang dirancang

ini. Dengan meningkatnya udara, yang di dalamnya terkandung Oksigen, maka proses pembakaran yang terjadi dapat menjadi lebih besar. Meningkatnya proses pembakaran yang terjadi atau semakin besarnya proses pembakaran yang terjadi, maka akan menaikkan temperatur yang terjadi selama proses pembakaran berlangsung [5]. Dan temperatur yang tinggi ini diharapkan terjadi selama proses pembakaran yang terjadi, sehingga dapat menghindari efek samping dari proses pembakaran selama berlangsung, serta dengan temperatur tinggi dapat digunakan untuk membakar semua limbah padat atau sampah rumah tangga yang ada. Sedangkan untuk proses pembakaran secara umum dibedakan menjadi 2 jenis, dimana dasar pengelompokkan ini berdasarkan proses pembakaran yang terjadi, yaitu :

1. Pembakaran Konvensional (Pembakaran Terbuka)

Pembakaran konvensional adalah proses oksidasi bahan bakar yang dilakukan dengan peralatan sederhana dan kontrol temperatur yang terbatas. Proses ini sering menghasilkan residu atau sisa hasil pembakaran berupa abu kasar atau gumpalan sisa pembakaran sampah yang tidak bisa terbakar dengan sempurna dengan kandungan karbon tak terbakar yang relatif tinggi. Selain itu, emisi gas buang dari pembakaran konvensional berpotensi mengandung karbon monoksida (CO), hidrokarbon tak terbakar, dan partikel berbahaya yang mengancam kesehatan dari masyarakat sekitar yang menghirup udara sekitar proses pembakaran terjadi.

2. Pembakaran menggunakan Insinerator (Pembakaran Tertutup)

Insinerator adalah salah satu sistem pembakaran tertutup yang dirancang untuk mengolah limbah padat, cair, maupun gas dengan temperatur tinggi dan waktu yang terkontrol. Temperatur operasi insinerator umumnya berada pada kisaran 800 °C –1200 °C. Pada kondisi temperature berada di sekitar 800 °C –1200 °C, sebagian besar senyawa organik yang terbakar akan dapat terurai secara sempurna. Dengan demikian maka proses pembakaran sempurna yang terjadi akan menghasilkan residu pembakaran atau sisa hasil pembakaran yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses pembakaran konvensional.

Dari kedua jenis proses pembakaran diatas, proses pembakaran yang terjadi sebaiknya mencapai temperatur minimal 850 °C [3]. Hal ini untuk mencapai proses pembakaran yang tidak menimbulkan polusi berupa asap pekat tebal serta tidak menimbulkan polusi udara yang bersifat racun (*Toxic*) [6]. Karena apabila temperatur pembakaran yang terjadi minimal 850 °C, tentunya akan membakar semua material dengan baik. Termasuk sampah bungkus makanan yang secara umum terbuat dari lapisan *aluminium foil* ataupun bungkus makanan yang terbuat dari berbagai jenis plastik kemasan. *Aluminium foil* apabila dibakar dengan temperatur rendah maka akan menimbulkan asap pembakaran yang tebal dan pekat. Sedangkan akhir dari proses pembakaran ini akan menghasilkan sisa hasil pembakaran yang bergumpal besar - besar dalam jumlah yang banyak. Hal ini dikarenakan tidak bisa mencapai temperatur yang cukup tinggi untuk membakar habis *aluminium foil* tersebut. Dan tentunya proses pembakaran secara manual bisa menimbulkan zat dioksin yang bersifat racun selama proses pembakaran itu terjadi.

Zat dioksin ini dapat terjadi melalui proses pembakaran yang dilakukan. Pembakaran yang dimaksud disini meliputi pembakaran limbah padat, pembakaran limbah cair, pembakaran sampah, asap yang terjadi baik berasal dari asap kendaraan bermotor, asap hasil industri, kebakaran hutan dan termasuk asap rokok [7]. Untuk proses pembakaran sampah yang lebih luas lagi cakupannya, seperti pembakaran sampah organik yang telah bercampur dengan bahan-bahan sintesis, seperti bahan PVC yang banyak terdapat dalam pembungkus kabel, bahan kulit sintesis dan lantai sintesis seperti jenis vinil yang mengandung senyawa klor, dimana yang semua ini bila dibakar akan menghasilkan gas HCl yang bersifat korosif. Tentunya ini berbahaya bagi masyarakat sekitar. Dan apabila proses pembakaran yang dilakukan dengan temperatur pembakaran rendah, yaitu kurang dari 1.100 °C, maka akan menghasilkan zat berbahaya dioksin juga.

Tubuh manusia apabila keracunan dioksin akan membuat tubuh mudah terjangkit penyakit atau terinfeksi penyakit lainnya, bahkan dapat menimbulkan komplikasi dengan penyakit lainnya. Dioksin atau furan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada fungsi hati, penurunan berat badan serta dapat mengakibatkan penurunan system kekebalan tubuh untuk proses jangka pendek. Sedangkan untuk jangka panjangnya dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi seperti endometriosis, penurunan jumlah sperma, gangguan perkembangan janin, cacat lahir dan kerusakan genetik. Bahkan dapat menyebabkan terjadinya kanker. Semua ini dikarenakan, dioksin mempunyai kemampuan untuk bergabung dengan kaseptor hormon. Kemudian mengubah fungsi mekanisme genetis dari suatu sel, sehingga berakibat pada pertumbuhan kanker, menurunkan daya tahan tubuh, mengganggu system saraf, keguguran / aborsi, dan lahir cacat. Sedangkan pada kondisi prenatal, dioksin ini dapat mempengaruhi fungsi tiroid. Pada anak laki-laki dapat menurunkan fungsi reproduksi. Dan pada janin dan bayi yang baru lahir, paparan dioksin yang terdapat pada janin atau bayi ini berasal dari ibu, terutama pada saat sebelum kehamilan karena dioksin sifat bioakumulatif [8]. Tentunya ini juga merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian dalam melakukan proses pembakaran sampah. Karena ternyata ada hal kesehatan yang harus diperhatikan untuk menghindari efek terhadap kesehatan baik bagi operator yang melakukan proses pembakaran sampah dan juga termasuk masyarakat sekitar yang berada disekitar tempat proses pembakaran ini dilakukan. Efisiensi pembakaran ditentukan oleh tingkat konversi bahan bakar menjadi produk pembakaran. Pembakaran yang tidak sempurna dapat menghasilkan senyawa toksik seperti dioksin. Oleh karena itu, kontrol temperatur dan suplai udara menjadi faktor penting dalam meminimalkan bahaya toksin. Hal ini juga harus didukung dengan alat insinerator yang dapat tahan terhadap temperatur pembakaran yang akan dilakukan. Pembuatan insinerator sederhana ini harus menggunakan material yang dapat mendukung kinerja selama proses pembakaran. Sekaligus pemilihan material yang mampu tahan temperatur untuk proses pembakaran yang tidak menyebabkan terjadinya dioksin, yaitu temperatur proses

pembakaran yang dilakukan harus minimal 850 °C. Maka material yang digunakan adalah Baja karbon rendah. Dimana material baja karbon rendah ini selain harga yang murah juga mempunyai mampu las yang tinggi. Serta mampu bentuk yang baik. Sehingga memudahkan dalam proses pembuatan incinerator sesuai model yang diinginkan. Terutama dengan baja karbon yang dipilih ini, mempunyai ketahanan terhadap temperatur lebur yang tinggi. Hal ini menjadikan aman bila digunakan temperature minimal 850 °C [9] [10].

Selain dilihat dari bahaya yang ditimbulkan dari hasil pembakaran seperti di atas, yaitu bahaya zat beracun yang bisa timbul akibat dari proses pembakaran bila dilakukan di bawah 850 °C, yaitu dioksin. Hal lain yang harus diperhatikan juga adalah setelah proses pembakaran terjadi baik secara konvensional atau menggunakan insinerator akan menimbulkan residu atau material sisa hasil pembakaran yang terbentuk dan ini tidak bisa dihindari [11]. Sisa hasil pembakaran ini juga menjadi perhatian yang penting. Karena hasil sisa pembakaran ini makin lama akan semakin banyak dan menumpuk bila dilakukan proses pembakaran secara terus menerus. Kalau tidak diberi perhatian lebih maka ini akan menjadi masalah baru yang terjadi bila dilakukan proses pembakaran terhadap sampah. Satu masalah terselesaikan yaitu timbunan sampah menjadi berkurang, tetapi bila tidak diperhatikan, maka akan menimbulkan masalah baru yaitu tumpukan hasil sisa pembakaran yang tidak sempurna yang berbentuk gumpalan-gumpalan yang cukup besar dan banyak. Untuk itu proses pembakaran yang diharapkan adalah proses pembakaran yang proses pembakarannya terjadi sempurna seperti persamaan diatas. Yaitu selain tidak menghasilkan polusi asap tebal dan gelap, juga tidak menghasilkan zat dioksin yang berbahaya bagi kesehatan, tentunya juga harus menghasilkan sisa pembakaran yang sedikit, sehingga walau dilakukan proses pembakaran secara terus menerus akan menjadi lebih efektif, karena sisa hasil pembakaran yang dihasilkan juga sedikit.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Mengatasi masalah limbah padat atau sampah yang menumpuk dan terus bertambah setiap harinya, maka dibutuhkan penyelesaian masalah sampah ini dengan metoda pembakaran yang dapat mengatasi jumlah sampah, aman untuk kesehatan dan pada akhir proses pembakaran tidak menghasilkan residu atau sisa pembakaran yang banyak. Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, yaitu sampah dapat dimusnahkan, aman kesehatan dan residu yang sedikit, maka penelitian ini menggunakan eksperimen dengan membandingkan dua metode pembakaran, yaitu proses pembakaran konvensional atau pembakaran terbuka dan proses pembakaran menggunakan insinerator sederhana yang disebut sebagai metode tertutup. Dalam melakukan eksperimen ini akan menggunakan limbah padat atau sampah dengan komposisi yang seragam serta jenis sampah yang sejenis. Sedangkan alat yang digunakan meliputi tempat pembakaran konvensional atau pembakaran terbuka dan insinerator sederhana dengan sistem kontrol terhadap temperatur, sehingga diketahui temperatur yang terjadi selama proses pembakaran terjadi. Dan material yang digunakan untuk tempat pembakaran baik konvensional dan insinerator menggunakan jenis dan spesifikasi bahan yang sama, yaitu baja karbon rendah. Digunakan material baja karbon rendah sehingga bisa menekan biaya untuk pengadaan baja karbon rendah serta mampu las yang baik sehingga dapat menekan biaya produksi dan mudah dibuat sesuai bentuk desain, serta tahan terhadap temperatur tinggi. Karena temperatur minimal yang mau dicapai adalah 850 °C. Sedangkan untuk parameter yang diuji meliputi massa / berat residu sisa hasil pembakaran dalam satuan kilogram (kg) dan tingkat pembakaran sempurna serta temperatur pembakaran dalam satuan derajat Celcius (°C). Prosedur Eksperimen yang dilakukan dalam eksperimen ini sesuai dengan alur bagan kerangka konseptual. Dengan beberapa hal mendetail yang diukur selama pembakaran dilakukan adalah :

1. Limbah padat atau sampah dengan massa yang sama saat dibakar menggunakan metode terbuka dan insinerator untuk metode tertutupnya.
2. Temperatur pembakaran dicatat selama proses berlangsung baik yang metode terbuka atau insinerator sederhana.
3. Residu pembakaran dikumpulkan dan ditimbang dari masing – masing metode.
4. Kedua metode dalam eksperimen ini, dilakukan secara bersamaan setiap hari nya selama 10 hari.

Untuk eksperimen ini, Proses pembakaran dengan metode terbuka, dirancang dan dibuat supaya mudah untuk melakukan proses pembakaran. Dimana bahan wadah pembakaran yang digunakan baja karbon rendah. Proses pembakaran dari awal hingga akhir harus dilakukan oleh operator yang secara terus menerus untuk mengaduk atau membolak - balikan sampah yang sedang dibakar dalam wadah tersebut. Hal ini dilakukan supaya sampah dapat terbakar semuanya (Gambar 2). Tidak terbakar hanya bagian sisi luarnya saja, dan api tidak cepat padam karena bagian luar dari sampah sudah terbakar habis, sedangkan dalamnya masih belum terbakar sempurna. Bahkan bagian dalam sering tidak terbakar karena terlalu padatnya volume sampah dalam wadah.



Gambar 2. Kondisi proses pembakaran secara konvensional

Dari hasil eksperimen dengan metode terbuka ini, selama proses pembakaran menghasilkan banyak asap dan asap tersebut tebal atau padat serta berwarna hitam. Asap tebal berwarna hitam pekat dan tebal terjadi selama proses pembakaran berlangsung dari awal dan selama proses pembakaran. Dan menjadi asap pekat putih dan tebal saat menjelang padam api pembakarannya (Gambar 3).



Gambar 3. Asap yang terjadi selama proses pembakaran konvensional

Sehingga menimbulkan polusi udara yang cukup besar. Dan cukup mengganggu jarak pandang dan juga mengganggu pernafasan selama proses pembakaran berlangsung. Serta banyak terdapat partikel – partikel kecil berterbangan. Proses pembakaran dengan metode terbuka bila jumlah sampah yang dibakar banyak maka akan memakan waktu lebih lama lagi. Dan hasil pembakaran pun tidak merata dan menyeluruh. Berat sampah yang dibakar secara bertahap selama 10 hari, mencapai 127,4 kg. Dengan berat sampah yang dibakar setiap harinya sekitar 11 kg – 12 kg. Proses pembakaran yang dilakukan setiap hari memakan waktu kurang lebih 300 menit – 358 menit. Sedangkan temperatur yang dapat dicapai dengan desain alat wadah pembakaran ini sekitar 550 °C - 597 °C . Untuk parameter – parameter yang di ukur selama proses pembakaran ini dapat dirangkum dalam Data Proses Pembakaran Manual (Tabel I)

TABEL I
DATA PROSES PEMBAKARAN MANUAL

Hari	Berat (kg)	Waktu (menit)	Temperatur
1	11,2	320	Sekitar 550 °C - 597 °C
2	11,3	320	
3	10,5	300	
4	15,1	360	
5	12,8	330	
6	12,6	330	
7	12,3	325	
8	14,6	355	
9	14,8	358	
10	12,2	325	
Total	127,4		

Sedangkan untuk pembakaran dengan metode pembakaran terbuka di desain dengan beberapa alat tambahan sehingga disebut sebagai Insinerator Sederhana. Alat – alat yang ditambahkan terdapat alat ukur temperatur (Kotak Hitam) dan alat *Blower* (Gambar 4) yang berwarna hijau untuk menambahkan suplai udara yang masuk sehingga terjadi pembakaran sesuai dengan prinsip segitiga api (10). Dengan bantuan blower ini bertujuan supaya temperature yang terjadi selama proses pembakaran akan naik menjadi diatas 850 °C. Hal ini sesuai teori dasar yang dijelaskan sebelumnya, bahwa dengan volume udara yang dinaikan dengan blower maka menyebabkan kadar oksigen akan semakin meningkat dalam pembakaran yang dilakukan. Dengan meningkatnya volume oksigen ini akan menyebabkan api yang terjadi dalam proses pembakaran menjadi lebih besar sehingga temperatur pembakaran pun akan naik menjadi diatas 850 °C.



Gambar 4. *Blower* dalam instalasi Insinerator

Proses pembakaran dengan insinerator sederhana dilakukan berdasarkan dengan desain yang dibuat untuk eksperimen ini. Dan untuk mencegah kerusakan pada alat – alat tambahan maka diletakan cukup jauh dari wadah pembakaran (Gambar 5). Karena temperatur yang ingin dicapai adalah minimal 850 °C atau temperatur yang dituju adalah diatas 850 °C. Apabila alat tambahan di taruh berdekatan dengan insinerator maka akan menyebabkan kerusakan dari alat tambahan.



Gambar 5. Instalasi Insinerator sederhana

Pembakaran dengan insinerator sederhana ini dilakukan dengan berat sampah setiap harinya bervariasi dalam rentang 11,1 kg - 15,3 kg. Dengan total berat sampah selama 10 hari adalah 128 kg. Untuk lama proses pembakaran dengan insinerator sederhana ini setiap harinya dalam rentang 30 menit - 47 menit, dimana lamanya proses pembakaran sampai habis ini sebanding dengan jumlah sampah yang dibakar pada hari itu. Menggunakan alat bantu tiup atau *blower* yang menyebabkan temperatur yang terjadi selama proses pembakaran ini berkisar 860 °C - 920 °C. Sehingga proses pembakaran dengan metode terbuka atau konvensional terlihat seperti di bawah ini (Gambar 6). Terlihat dalam gambar bahwa asap yang dihasilkan juga sangat sedikit dan tipis, sehingga tidak menyebabkan polusi udara yang signifikan. Jarak pandang pun tidak terganggu oleh asap yang tebal. Dan tidak diperlukan operator untuk mengaduk sampah dalam proses pembakaran insinerator sederhana ini. Untuk alat-alat tambahan juga diletakan agak jauh dari insinerator sederhana ini, karena panas yang timbul akibat dari temperatur sekitar 860 °C - 920 °C cukup terasa sampai jarak tertentu dari insinerator sederhana ini.



Gambar 6. Proses Pembakaran Insinerator Sederhana

Dan untuk parameter – parameter yang di ukur selama proses pembakaran ini dapat dirangkum dalam Data Proses Pembakaran Insinerator sederhana (Tabel II)

TABEL II
DATA PROSES PEMBAKARAN INSINERATOR SEDERHANA

Hari	Berat (kg)	Waktu (menit)	Temperatur
1	11,5	34	Sekitar 860 °C - 920 °C
2	11,1	32	
3	10,8	30	
4	15,3	50	
5	12,7	40	
6	12,7	42	
7	12,4	42	
8	14,5	47	
9	15	47	
10	12	39	
Total	128		

Dari eksperimen yang dilakukan juga didapatkan bahwa dengan mencapainya temperatur diatas 850°C, maka waktu proses pembakaran dari mulai pembakaran hingga api padam dan akhirnya tersisa hanya bara, terlihat bahwa waktu lebih cepat selesai sampai tuntas terbakar semua. Bila dibandingkan dengan proses pembakaran konvensional, terlihat terdapat perbedaan cukup jauh proses pembakarannya dan hal ini dapat menghemat waktu proses pembakaran. Dan bila dilihat dari sisa residu yang terjadi setelah proses pembakaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Tabel III).

TABEL III
DATA SISA HASIL PROSES PEMBAKARAN

Metode	Berat Sisa Hasil Bakar (kg)
Konvensional	4,85
Insinerator	2,18

Dari data Tabel III terlihat bahwa sisa hasil pembakaran untuk metode terbuka yang tersisa itu beratnya 4,85 kg. Sedangkan proses pembakaran tertutup yang disebut insinerator sederhana mempunyai berat sisa hasil pembakaran seberat 2,18 kg.

IV. KESIMPULAN

Mengatasi tumpukan sampah yang terus bertambah dan menyebabkan tumpukan – tumpukan sampah, maka diperlukan suatu metode penanganan limbah padat atau sampah ini. Metode yang dipilih adalah dengan proses pembakaran. Hal ini yang paling umum dan banyak dilakukan di masyarakat. Sedangkan metode pembakaran ini ada 2 yaitu metode pembakaran terbuka atau pembakaran secara konvensional. Metode kedua adalah metode tertutup yaitu insinerator sederhana. Hasil yang diharapkan adalah limbah padat atau tumpukan sampah dapat teratasi, dengan kondisi bebas asap serta bebas dari dioksin yang dapat mengganggu kesehatan dan tidak menimbulkan sisa hasil proses pembakaran yang banyak. Berdasarkan kondisi eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan 2 metode eksperimen proses pembakaran konvensional yang dibandingkan dengan proses pembakaran dengan insinerator sederhana, didapatkan hasil eksperimen antara lain :

1. Pembakaran dengan insinerator sederhana lebih cepat dalam hal waktu proses pembakaran hingga habis terbakar dibandingkan dengan dengan metode konvensional. Yaitu untuk membakar sampah per hari hanya memakan waktu sekitar 30 – 50 menit, sedangkan untuk konvensional sekitar 300 – 360 menit. Sehingga masalah tumpukan sampah bisa lebih cepat diatasi dengan insinerator sederhana.
2. Temperatur yang terbentuk untuk insinerator mencapai 860 °C - 920 °C sehingga tidak menyebabkan zat beracun berupa dioksin. Hal ini dikarenakan dengan temperatur diatas 850 °C maka semua sampah akan terurai dan terbakar dengan sempurna. Sedangkan kalau secara konvensional ini temperatur hanya terbentuk sekitar 550 °C - 597 °C, ini resiko terbentuk dioksin yang dapat membahayakan masyarakat.
3. Dengan temperatur yang terjadi diatas 850 °C untuk metode insinerator sederhana ini, proses pembakaran terjadi dengan sempurna dan dapat mengurai semua sampah atau limbah padat, sehingga sisa hasil proses pembakarannya pun lebih sedikit yaitu hanya 2,18 kg. Sedangkan secara konvensional menghasilkan residu atau sisa pembakaran 4,85 kg.

Sehingga tujuan yang hendak dicapai dari penanganan masalah sampah ini telah tercapai, baik segi penanganan timbunan sampah yang tidak menyebabkan zat beracun dioksin dan tidak menimbulkan hasil residu yang banyak. Terutama sisa pembakaran dengan insinerator sederhana bisa mencapai hanya sekitar 1,7 % dari berat sampah yang

dibakar. Sehingga tidak menyebabkan masalah baru tentang residu sisa hasil pembakaran yang banyak. Dengan demikian pembakaran dengan menggunakan insinerator sederhana ini lebih efektif dan efisien dalam mengatasi permasalahan timbunan sampah yang banyak.

REFERENSI

- [1] Fabio Maria Lopes Costa, "Catatan 2024: Bandung Masih Tenggelam di Lautan Sampah," Bandung, pp. 11–11, Dec. 30, 2024.
- [2] H. Susastrio, D. Ginting, E. W. Sinuraya, and G. M. Pasaribu, "Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 28–34, Mar. 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.8137.
- [3] C. W. PURNOMO and U. G. M. Press, *SOLUSI PENGELOLAAN SAMPAH KOTA*. Gadjah Mada University Press, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=he5IEAAQBAJ>
- [4] N. K. Yuniati and A. S. Wahyuningsih, "Penerapan Alat Pemadam Api Ringan Berdasarkan Permenakertrans No 04 Tahun 1980 di Dinas Kesehatan Kabupaten Brebes," *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, vol. 2, no. 2, pp. 201–207, Jul. 2022, doi: 10.15294/ijphn.v2i2.53303.
- [5] M. L. Said dan Hernawati, J. Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, and U. Alauddin Makassar, "RANCANG BANGUN INSINERATOR DUA TAHAP (SOLUSI MENGATASI POLUSI UDARA PADA PEMBAKARAN SAMPAH)," 2017.
- [6] P. Estu Broto, Fitriyanti, Amirin Kusmuran, and Khaerul Ihsan, "Rancang Bangun Insinerator Pengolahan Sampah dengan Penerapan Teknologi Termal yang Ramah Lingkungan," *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, vol. 11, no. 1, pp. 19–30, Jun. 2024, doi: 10.24252/jft.v11i1.45734.
- [7] M. Mardiah, "Studi Literatur Predisposisi Dan Upaya Prevensi Keganasan Kanker Serviks Pada Wanita," in *Proceeding Of Sari Mulia University Midwifery National Seminars*, 2019, pp. 167–176.
- [8] W. Efrizal, "Berdampakkah Cemaran Dioksin Bagi Keadaan Gizi Dan Kesehatan?," *Jurnal Ilmu Gizi: Journal of Nutrition Science*, vol. 12, no. 1, pp. 15–22, 2023.
- [9] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=dmoTEQAAQBAJ>
- [10] J. T. Black and R. A. Kohser, *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing*. Wiley, 2019. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=y_vKDwAAQBAJ
- [11] B. Purnawan, "Optimalisasi Pemusnahan Barang Bad Stock menggunakan Insinerator Sederhana pada CV. TJU," *Jurnal Teknologi dan Sains Modern*, vol. 1, no. 3, pp. 85–93, Oct. 2024, doi: 10.69930/jtsm.v1i3.171.