



## Upaya Konservatif UNNES dalam Menyikapi Urgensi Krusial *Climate Change* di Lingkungan Kampus

Danvie Rachmasari<sup>\*1</sup>, Reniandi Marbun<sup>2</sup>, Nabila Salsa Kirani<sup>3</sup>, Moh. Iqbal Rizqi Ramadhan<sup>4</sup>, Asep Purwo Yudi Utomo<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Article History

Disubmit 7 Februari 2022

Diterima 25 Juni 2022

Diterbitkan 30 Juni 2022

#### Kata Kunci

insinerasi; perubahan iklim; wawawasan konservasi; teknik pengelolaan sampah; emisi

### Abstrak

Artikel ini bertujuan memaparkan upaya konservatif Perguruan Tinggi khususnya UNNES dalam menyikapi perubahan iklim. Seperti yang kita ketahui, UNNES sebagai universitas konservasi telah mendeklarasikan diri sejak tahun 2010. Secara lebih lanjut tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui cara pengelolaan sampah sebagai wujud upaya konservatif di lingkungan kampus UNNES sehingga dapat menekan permasalahan lingkungan seperti perubahan iklim yang diakibatkan oleh adanya pengelolaan sampah yang buruk. Berbagai upaya ditempuh UNNES dalam memainkan perannya sebagai universitas berwawasan konservasi, seperti contohnya insinerasi. Insinerasi menjadi salah satu teknik pengelolaan sampah non organik yang berbasis lingkungan karena minimnya emisi yang dihasilkan. Teknologi insinerator mampu memusnahkan sampah non organik dengan cara melakukan pembakaran pada temperatur tinggi dan terstruktur, aman bagi lingkungan dengan melalui beberapa proses lebih lanjut terhadap residu yang dihasilkan, serta pengoperasiannya mudah dan aman. Beberapa alasan ini mendasari insinerasi merupakan teknik pengolahan sampah berwawasan lingkungan. Penggunaan incenerator juga telah memenuhi persyaratan dari Kementerian Lingkungan Hidup. Dengan menggunakan metode penelitian kualitatif deskriptif, topik kajian yang diusung pada artikel ini menjadi kompleks untuk dibahas. Dengan mengumpulkan berbagai sumber data primer dan sekunder, artikel ini diharapkan mampu memberikan kebermanfaatn dalam perkembangan ilmu pengetahuan mengenai pengelolaan sampah berwawasan lingkungan untuk sesama.

### Abstract

*This article aimed to explain the conservation efforts that have been implemented by the universities, especially UNNES, in responding to climate change. as a university that has declared itself as a conservation university since 2010. Furthermore, the purpose of this study was to find ways to manage waste as a conservation effort in the UNNES campus environment so that it can reduce the environmental problems such as climate change caused by poor waste management. Numerous efforts have been taken by UNNES as a conservation-minded university, such as incineration. Incineration was one of the environmentally based non-organic waste management techniques with minimum emissions. The Incinerator technology was able to destroy non-organic waste by burning them at high temperatures, well-structured procedures, and safe for the environment. In addition, there were several further processes for the residues produced, and the operation is easy and safe. these reasons made incineration an environmentally safe waste processing technique. The use of incinerators also met the requirements of the Ministry of Environment. By using descriptive qualitative research methods, the discussion in this study became a complex topic to discuss. By collecting various primary and secondary data sources, this article was expected to be able to provide the benefits in the development of science regarding environmentally safe waste management for others.*

\* E-mail: [rdanvie@students.unnes.ac.id](mailto:rdanvie@students.unnes.ac.id)  
Address: Gunungpati, Semarang, Indonesia, 50229

## PENDAHULUAN

Permasalahan yang tengah dihadapi saat ini yaitu volume sampah yang semakin meningkat seiring dengan konsumsi barang dan bahan yang digunakan setiap hari (Alex, 2015). Sampah organik dan sampah anorganik menjadi penyumbang sejumlah sampah yang relatif besar pada saat ini di perguruan tinggi. Wilayah kampus atau sekolah biasanya paling sering ditemukan sampah, sampah tersebut bisa berupa yang dapat di daur ulang dan yang tidak dapat di daur ulang. Sampah yang berasal dari sisa makanan atau minuman mahasiswa dari kantin atau warung makan dan sampah rumput dari tumbuhan di lingkungan kampus atau sekolah merupakan sampah organik (Fadhilah et al., 2011).

Menurut data penelitian terdahulu oleh (Yunitasari & Hardati, 2016) dikatakan bahwa Universitas Negeri Semarang juga berpotensi dalam penghasil sampah. Pada bidang pengelolaan lingkungan di Fakultas Ilmu Sosial masih terlihat adanya mahasiswa yang membuang sampah sembarangan di halaman sehingga halaman kampus terlihat kotor dan berantakan karena sampah yang berserakan. Warga kampus banyak yang kesulitan membedakan fungsi tempat sampah organik dan anorganik yang telah tersedia di Fakultas Ilmu Sosial UNNES. Sedangkan penelitian terbaru oleh (Widyawati, 2020) mengatakan bahwa sikap mahasiswa Unnes dalam melakukan pengelolaan sampah baik organik maupun anorganik khususnya plastik. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya rasa kepedulian terhadap lingkungan, terbatasnya keterampilan terkait pengelolaan sampah plastik, terbatasnya sarana dan prasarana, tidak ada sanksi tegas yang diberikan dari adanya sebuah kebijakan.

Unnes sebagai komunitas telah mendeklarasikan diri sebagai universitas konservasi dalam pengelolaan sampah dengan menempatkan tempat sampah untuk keperluan pengumpulan sementara. Tempat sampah dirancang berpasangan untuk sampah organik dan anorganik, yang ditempatkan secara strategis di setiap area kegiatan. Kemudian, kedua jenis sampah tersebut dibuang melalui tempah pembuangan akhir (TPA) terbuka ke tempat yang berdekatan dengan pemukiman penduduk, terlepas dari apakah jenis tersebut tercampur secara organik dan anorganik. Artinya, desain tempat sampah yang dimaksudkan untuk memisahkan sampah dari sumbernya tidak dapat digunakan lagi, mempersulit pengelolaan sampah, bahkan bisa dikatakan sampah (tidak ada konservasi) dan menghambat proses daur ulang atau pengomposan. Kondisi tersebut dapat mempersingkat umur TPA serta mengekspos pencemaran pada lingkungan baik air, tanah, maupun udara dan dapat menimbulkan konflik sosial dan menimbulkan berbagai jenis penyakit (Banowati, 2012).

Dari permasalahan tersebut selain dengan menyediakan tempat sampah di setiap area kegiatan yang berujung tidak berguna saat pengelolaan sampah. Maka, solusi lain yang dapat diupayakan sebagai wujud konservatif yaitu menggunakan cara insinerasi dalam pengelolaan sampah. Insinerasi merupakan upaya pembakaran sampah dengan temperatur yang tinggi dihasilkan dari uap dan digunakan untuk menghidupkan turbin yang tersambung ke generator. Abu dapat digunakan untuk bahan baku sebagai bahan daur ulang, dan menguapkan air di dalam pipa - pipa boiler merupakan gas panas hasil pembakaran (Yuniar & Santosa, 2022).

Upaya konservatif merupakan salah satu perwujudan pelestarian dan perlindungan lingkungan hidup. UNNES merupakan salah satu perguruan tinggi yang mempunyai identitas berwawasan konservatif. Wawasan konservatif dan *good governance* menjadi landasan utama dalam implementasi Tri Dharma UNNES untuk mencapai reputasi International. Pentingnya dalam menumbuhkan wawasan konservatif yaitu untuk melakukan perlindungan, pengawetan, serta pemanfaatan sumber daya alam dari beberapa aktivitas yang dapat menumbuhkan sikap mental serta perilaku yang bertanggung jawab dalam mewujudkan kontribusi civitas akademika seperti kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian. Kemudian, warga UNNES lainnya berupaya dalam kegiatan konservasi keanekaragaman hayati, kelestarian lingkungan, nilai dan karakter, seni budaya, dan olahraga. Adanya wawasan konservatif bisa mendukung usaha pemerintah dalam menjalankan program pengelolaan SDA hayati, non hayati, dan ekosistem agar tetap berjalan dengan baik (Wibowo & Dkk, 2017).

Secara teoritis, masalah yang alami mengenai buruknya pengelolaan sampah sebagaimana sudah dikutip oleh penelitian sebelumnya. Namun, secara praktis dengan didukung berdasarkan data yang sudah diambil bahwa terdapat solusi alternatif bagi pengelolaan sampah organik maupun anorganik yaitu pengembangan metode insinerasi yang berguna untuk proses pembakaran limbah dari masyarakat, proses ini biasanya menggunakan suhu bertekanan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mengelola sampah sebagai wujud upaya konservatif di lingkungan kampus unnes sehingga dapat mengurangi permasalahan global seperti perubahan iklim akibat adanya pengelolaan sampah yang buruk.

## METODE

Penelitian deskriptif kualitatif merupakan penelitian yang menggunakan objek anomali cuaca yang terjadi sekarang ini. Sumber data dalam penelitian ini melalui studi pustaka berupa jenis pengaruh perubahan iklim terhadap anomali cuaca itu sendiri dan kehidupan manusia itu sendiri serta melihat seberapa besar pengaruh aspek antropogenik dalam perubahan iklim yang terjadi. Penelitian ini difokuskan pada teknik pengolahan sampah insinerasi namun melihat ada tidak pengaruh atau seberapa besar terhadap anomali perubahan iklim.

Teknik penelitian ini dijalankan dengan observasi langsung di lapangan dan menggunakan studi pustaka. Prosedur penelitian ini diantaranya: (1) penulis mengamati malah dominan mengenai permasalahan yang dapat dikaji dan ditemukan ada tidak kaitannya dengan bidang studi yang di ampuh dalam mata kuliah agar ditemukan keselarasan dalam mengkaji permasalahan. (2) penulis melihat beberapa studi pustaka mengenai kajian yang di timbulkan dalam masalah. (3) penulis membatasi permasalahan yang dimati dan dikaji melalui beberapa studi pustaka. (4) penulis melihat ada tidaknya kebaruan dalam karya tulis ataupun pembeda yang digunakan karya jurna ini dengan jurnal sebelumnya. (5) penulis mengklasifikasikan bebrapa teknik yang baik digunakan dalam mengkaji permasalahan antropogenik berupa sampah dengan efeknya pada anomali cuaca maupun iklim.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

UNNES sebagai perguruan tinggi yang berkewajiban mengambil peran dalam menanamkan nilai serta karakter konservasi terhadap mahasiswanya sebagai kawula muda Indonesia. Upaya-upaya yang dilakukan UNNES tercermin dalam beberapa hal meliputi kebijakan dan kegiatan kampus yang berasaskan konservasi, seperti contoh kecilnya adalah insinerasi. Manajemen pengelolaan sampah suatu perguruan tinggi seharusnya mampu menginovasikan pengelolaan sampah yang baik yang tak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Popescu et al., 2016). Insinerasi memiliki definisi sebagai teknik pengolahan sampah anorganik berbasis lingkungan yang melalui proses pembakaran bersuhu tinggi sehingga menjadikan residu yang dihasilkan ramah lingkungan dan minim polusi. Upaya ini ditempuh untuk merepresentasikan sikap dan kepedulian UNNES terhadap urgensi perubahan iklim yang saat ini tengah menjadi permasalahan global. Insinerasi terdiri atas beberapa tahap yang memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu agar dapat menghasilkan sampah akhir yang aman bagi lingkungan serta minim polusi. Kelebihan insinerasi adalah sebagai teknik pengelolaan sampah anorganik yang ramah lingkungan, namun untuk kekurangannya proses insinerasi membutuhkan biaya yang cukup mahal, proses yang kompleks dan menghasilkan zat yang berbahaya bagi kesehatan.

### Peran dan aksi nyata UNNES terhadap isu lingkungan

Istilah perubahan iklim sepertinya sudah tidak asing dispekulasikan dalam berbagai isu lingkungan yang saat ini terjadi. Perubahan iklim dari perubahan rata – rata cuaca yang berdampak terhadap kondisi iklim suatu lokasi atau dari heteroginitas statistiknya secara faktual untuk jangka waktu yang panjang, hal tersebut merupakan definisi dari IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Berbagai dampak buruk pada keberlangsungan hidup manusia pun menjadi ancaman besar dari fenomena perubahan iklim, dari mulai masifnya kejadian bencana, naiknya permukaan laut, hilangnya diversitas berbagai spesies flora serta fauna, bahkan meningkatnya bibit penyakit (Ahrens, 2009). Perubahan iklim berindikasi pada perubahan keadaan secara fisik lingkungan maupun kehidupan sosial manusia. Sehingga berbagai pemangku peran termasuk perguruan tinggi negeri diminta andil dalam meminimalisir laju perubahan iklim saat ini.

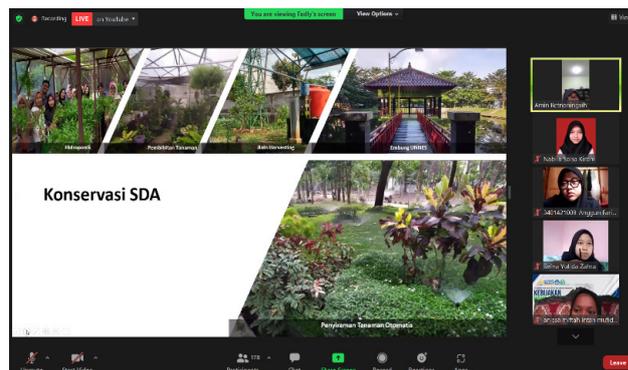
Perguruan Tinggi dituntut untuk memiliki atensi/tanggungjawab lingkungan agar pembangunan keberlanjutan dapat tercapai, sehingga upaya perlindungan perlu dirumuskan dengan sebaik-baiknya (Mikulik & Babina, 2009). Oleh karena itu pada tahun 2010, Universitas Negeri Semarang (UNNES) telah membuat deklarasi mengenai pelopor Universitas Berwawasan Konservasi. Berwawasan konservasi bermakna memiliki prespektif dan perilaku yang berarah kepada prinsip konservasi, yaitu preservasi sistem penopang kehidupan, pengawetan yang di dalamnya melingkupi pelestarian dan pendayagunaan secara lestari SDA dan nilai-nilai sosial budaya (Banowati, 2012).

Pendeklarasian UNNES menjadi Universitas Berwa-

wasan Konservasi membawa univertistas tersebut kepada 3 tujuan utama. Pertama, untuk menyumbang sokongan terkait berbagai kebijakan pemerintah dalam perannya mengelola sumber daya hayati, non hayati maupun ekosistem (Haryadi et al., 2018). Kedua, sebagai bentuk perlindungan, pengawetan, dan pendayagunaan sumber daya alam agar tetap terjaga kelestariannya melalui ranah pendidikan, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat (Yunitasari & Hardati, 2016).

Dari deklarasi yang telah dilakukan UNNES tentu bukan semata-mata sekadar pernyataan, berbagai upaya konservasi lingkungan dilakukan UNNES tak terkecuali dalam menyikapi urgensi perubahan iklim yang sedang terjadi. UNNES melakukan berbagai pengaplikasian dan inovasi baru untuk menunjang perkuliahan dengan berbasis ramah lingkungan (Wibowo et al., 2017).

Beberapa di antaranya disebut sebagai upaya konservatif UNNES terhadap kegentingan iklim yang saat ini tengah terjadi, seperti borang pelarangan penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil di sekitar kampus bagi mahasiswa ketika akan memulai perkuliahan di UNNES, mewajibkan seluruh mahasiswa baru menanam pohon dan melakukan pemantauan serta pencatatan di website SIO-MON, konsep kampus hijau yang asri serta insinerasi hasil pembakaran sampah organik juga diinovasikan menjadi hal yang bermanfaat.



**Figure 1.** Konservasi SDA UNNES (Sumber Dokumentasi Pribadi)

Kurikulum UNNES pada tahun 2015, memiliki prinsip mengembangkan nilai dan karakter konservasi dimana dimuat bahwa makna dan implementasi kurikulum setiap jurusan di UNNES dituntut untuk didoktrin, diarahkan, serta diaspirasikan untuk penanaman karakter anak bangsa sebagai insan dengan kultur konservasi (Purwo et al., 2018). Terdapat 8 nilai karakter konservasi seperti inspiratif, humanis, peduli, inovatif, kreatif, sportif, kejujuran, dan keadilan merupakan cerminan dari mahasiswa ataupun alumni UNNES. Baiknya 8 nilai tersebut dapat di representasikan serta di implementasikan kepada khalayak yang dapat memberikan energi positif kepada masyarakat sekitar. (Wibowo et al., 2017).

### Pengembangan metode pengolahan sampah (insinerasi) berbasis lingkungan

Beberapa yang telah disebutkan, insinerasi menjadi yang paling jelas andilnya dalam menyikapi isu perubahan iklim yang tengah melaju saat ini. Insinerasi dapat didefini-

sikan sebagai sebuah teknologi pengolahan sampah melalui pembakaran bahan non organik, sementara untuk pengelolaan sampah organik UNNES menempuh 3 aktivitas meliputi pemanfaatan menjadi kompos, budidaya maggot dan kerajinan tangan (Saddam et al., 2016). Hal ini ditempuh mengingat lingkungan kampus UNNES yang dipenuhi pepohonan sehingga sampah yang dihasilkan sebagian besar merupakan guguran dedaunan (Fathoni et al., 2021). Sampah non organik sendiri dipicu oleh berbagai sampah yang dihasilkan dari kegiatan penunjang kebutuhan pembelajaran di kampus.

Insinerasi merupakan teknik pengolahan sampah melalui pemrosesan yang melibatkan temperatur tinggi. Secara umum, insinerasi diartikan sebagai penyusunan termal. Insinerasi bahan sampah telah mengonversikan sampah menjadi berwujud abu, gas sisa hasil pembakaran, partikulat, dan juga termal (Kulkarni et al., 2014). Banyak penelitian terdahulu menyebutkan jika insinerasi merupakan alternatif pengelolaan sampah yang ramah lingkungan (Manningtyas R.T., Permata N.D., Prastyo Y.B., 2017). Pada proses insinerasi, secara kuantitas dan kualitas suplai bahan bakar sampah harus diperhatikan dengan baik. Perlu digaris bawahi bawa tidak semua jenis sampah bisa dikelola melalui teknik insinerasi.

### Persyaratan pemberlakuan Insinerasi sebagai metode pengelolaan sampah

Terdapat beberapa bahan bakar insinerasi yang perlu diwujudkan sebagai kriteria yang bersangkutan terkait sampah yang akan dipakai supaya proses pembakaran dapat berlaku dengan baik. Kriteria tersebut meliputi beberapa hal yaitu:

- 1) Pembakaran sampah minimal perlu mencakup bahan bakar bernilai kalori sekitar 7 MJ/ kg. Diperlukan adanya pre-treatment bahan bakar tambahan supaya nilai kalori dapat beranjak naik, apabila nilai kalori pada sampah yang akan dikelola tidak memenuhi nilai kalori yang disyaratkan.
- 2) Pasokan stabil yang perlu dipersiapkan dalam melakukan proses insinerasi sampah seminimal mungkin berbobot 50.000 ton/tahun. Untuk membangun sebuah incinerator pengolah sampah, diperlukan adanya pemikiran jangka panjang untuk beberapa tahun ke depan mengenai prakiraan pasokan sampah yang sekiranya mampu dihasilkan di masa mendatang. Estimasi ini bukan hanya mencakup dari jumlah sampah, akan tetapi juga mencakup komposisi, sumber, serta nilai termal sampah.

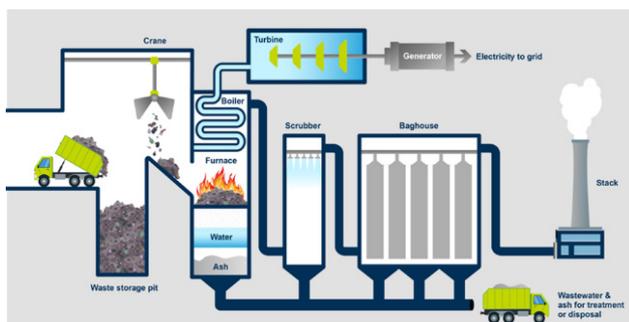


Figure 2. Proses Insinerasi (Sumber Future E-learn)

### Tahap dan proses insinerasi

Teknologi insinerator memusnahkan sampah dengan cara melakukan pembakaran pada temperatur tinggi dan terstruktur, serta tidak mengakibatkan imbas negatif signifikan bagi lingkungan. Insinerasi meliputi beberapa proses lanjutan bagi residu yang dihasilkan, pengoperasiannya mudah dan aman, beberapa faktor ini mendasari insinerasi merupakan teknik pengolahan sampah berwawasan lingkungan (Lam et al., 2010). Penggunaan incenerator juga telah mencakupi beberapa ketentuan syarat yang dikeluarkan oleh Kep. Men LH No.13/ MENLH/3/1995. Proses insinerasi sampah terdiri atas 3 tahap yang mana meliputi proses pre-treatment sebagai tahap awalan, lalu disambung proses pembakaran dan proses recovery energy, serta proses terakhir berupa roses pengendalian flue gas pada APC system).

- 1) Yang pertama merupakan proses pre-treatment sampah, pada proses pertama berupa kegiatan pemilihan (sortir) dan homogenisasi. Proses pre-treatment sampah ini, keberhasilannya sangat bergantung pada ketersediaan dan kualitas sampah serta sistem insineratornya. Pemilahan yang dilakukan bertujuan untuk memperbesar nilai kalori rerata sampah sebelum diproses dalam mesin insinerator. Setiap sistem incinerator membutuhkan intensitas pemilahan yang berbeda-beda. Pada sampah bertipe movable grate incinerator, yang mana sampah dapat segera dilakukan pemrosesan lebih lanjut melalui pembakaran tanpa dilakukan proses sortir/pemilahan terlebih dahulu. Selain itu, fluidized bed furnace masih membutuhkan metode penyaringan limbah sebelum diproses oleh insinerator. Untuk kegiatan homogenisasi dapat berupa pencampuran sampah (mixing) atau pencacahan sampah (shredding). Pencampuran sampah bertujuan untuk mengontrol masukan energi dan proses pembakaran. Sementara itu, sampah diparut untuk menyederhanakan sejumlah sampah besar. Mencabik-cabik limbah adalah persyaratan minimum untuk insinerator unggun terfluidisasi.
- 2) Pada langkah kedua yakni tahap pengelolaan sampah, terdapat beberapa prosedur mesin insinerator yang difungsikan, yang meliputi metode grate bergerak, teknologi sscrubing kering (incinerator rotary kiln) serta insinerasi unggun terfluidisasi. Dari ketiga prosedur incinerator tersebut, yang terpopuler dipergunakan untuk pemrosesan insinerasi sampah adalah teknologi grate bergerak. Alasan yang mendasari adalah tungku perapian bergerak lebih mampu mengatasi variabilitas besar dalam komposisi dan nilai kalor limbah serta tungku dapat dibangun dengan volume 1.200 ton/hari. Saat mempercepat proses kedua, peran prinsip 3T (waktu, suhu, turbulensi) memainkan peran penting dalam keberadaannya.

Kurva perbandingan yang dihasilkan dari temperatur, turbulensi dan waktu memiliki sifat berbanding lurus. Hal ini tentunya menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka turbulensi semakin tinggi dan semakin lama flue gas dan limbah yang tertinggal maka proses pembakaran juga akan semakin meningkat (Vostrikov et al., 2018). Pada teknologi pembakaran tipe grate bergerak yang umum

digunakan saat ini, persyaratan yang terkait dengan prinsip 3T adalah waktu tinggal limbah kurang dari 60 menit, waktu tinggal *flue gas* lebih dari 2 detik dan suhu gas lebih dari 850 C. Selama prosesnya, pasokan udara yang perlu diisi agar tahap kedua berjalan lancar (Lam et al., 2010).

Proses pembakaran sampah didefinisikan sebagai teknik pengelolaan sampah pada suhu tinggi (di atas 850° C) yang secara alami akan menghasilkan energi panas (et al., 2017). Energi ini segera dilepaskan dengan *flue gas*. Sebelum *flue gas* diproses di sistem APC, suhu gas buang harus diturunkan terlebih dahulu oleh alat yang disebut boiler. *Flue gas* mengalami proses pemulihan energi melalui boiler. Output pemulihan energi dapat digunakan sebagai panas, energi dan uap, termasuk pengaturan uap dan energi atau pengaturan panas dan energi.

Setelah melalui proses pemanfaatan energi dari proses recovery, situasi ini didasarkan pada situasi pasar energi lokal pada *flue gas*. Proses yang terlibat meliputi pembangunan infrastruktur untuk distribusi energi, prototipe konsumsi energi tahunan dan harga untuk berbagai jenis energi yang dihasilkan, serta kesepakatan probabilitas konsumen (Arifin, 2016). Setelah selesai digunakan proses pemulihan energi, dapat juga disimpulkan bahwa ketentuan spesifikasi boiler dapat diterima untuk proses pemulihan energi (Yuliani, 2016). Setiap sistem pemulihan energi memiliki utilitas yang berbeda. Tabel 1 memberikan gambaran umum tentang utilitas proses pemulihan energi & perkiraan ukuran hasil dalam sistem pemulihan energi berdasarkan nilai kalor limbah.

**Tabel 1.** Tabel Daya Guna dari Berbagai Proses Pemulihan Energi (Yuliani, 2016)

Penggunaan Energi	Perawatan energi	Daya guna secara menyeluruh	
Panas	Panas	80 %	80 %
Uap	Uap	80 %	80 %
Daya/energi	Daya	35 %	35 %
Kompilasi antara uap dan daya	Uap Daya	0-75 % 0-35 %	35-75 %
Kompilasi antara panas dan daya	Panas Daya	60-65 % 20-25 %	85 %

Langkah final yakni dengan melakukan proses pengendalian *flue gas* pada sistem *Air Pollution Control* (APC). Pada teknik pengelolaan sampah insinerasi, output yang dihasilkan dari pembakaran memiliki konsekuensi dan risikan akan terjadinya masalah kesehatan. Hal ini dapat dipicu oleh kontaminan yang ada pada *flue gas* yang sebagai outputnya. Dalam suatu *flue gas* terkandung beberapa unsur merugikan seperti berikut :

- Fly ash* merupakan dari partikulat yang terbawa dan mengalir/mengontaminasi gas
- Asam dan *precursors acid* tersusun atas *Sulfur dioxide* (SO<sub>2</sub>), Nitrit oxide (NO<sub>x</sub>), *Hydrolic acid* (HCl) sebagai *chemical substance* yang berbahaya
- Dioxine* dan analog dapat didefinisikan sebagai senyawa yang tercipta oleh penyatuan kembali elemen radikal dengan struktur Dibenzodioxins poliklorinasi dan ana-

**Tabel 2.** Macam teknologi pengendalian elemen polutan dan *Flue Gas* (Mills, 1984).

Polutan	Teknologi yang digunakan
Partikel	Presipitator elektrostatis Presipitator elektrostatis basah Condensation electrostatic precipitators (ESPs) Ionization wet scrubbers Fabric filters Cyclones dan multi-cyclones
Entitas asam (HCl, HF, SO <sub>x</sub> ,...)	Scrubber basah Scrubber semi-kering (misalnya suspension of lime) yang dibarengi dengan bag filterization Scrubber kering (misalnya seperti kandungan lime maupun sodium bicarbonate)
Desulfurisasi langsung	Dengan cara menyuntik adsorbent (sebagai contoh senyawa kalsium ) langsung ke dalam tungku pembakaran
Nitrogen Oksida (Nox)	Teknik primer yang ditempuh adalah dengan menangani kontrol udara dan tempetratur, serta sirkulasi gas buang, Teknik sekunder : Reduksi non-katalitik selektif dan reduksi katalitik selektif
Hg	Teknik primer : Penataan melalui pembedaan pengumpulan, dengan mengecualikan atau membatasi penggunaan bahan bakar limbah yang terkontaminasi. Teknik sekunder: scrubber dengan interpolasi oksidator, karbon aktif, tungku arang dan zeolit.
Logam berat yang lain	Perlu mengkonversi menjadi oksidasi non-volatile dan menyetorkan fly ash, keseluruhan teknik berorientasi pada pada eliminasi partikel yang dapat diaplikasikan. Sehingga karbon aktif dapat disuntikan ke dalam scrubbing unit.
Senyawa karbon organik	Absorpsi pada karbon aktif Reduksi katalitik selektif digunakan untuk senyawa Nitrogen oksida Kantong filter katalitik Filter static bed Gasses rapid quenching
Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> )	Semua teknik yang ditempuh untuk penanganan NO <sub>x</sub> . Sehingga berimbas pada progresivitas pen-dayagunaan energy recovery.

**Tabel 3.** Kombinasi Unit Operasi pada Sistem Penanganan Polusia (Mills, 1984).

Kontaminan	Metode	Regresivitas
Sulfur dioksida (Sox)	Scrubber basah atau multi cyclone kering	50-90
HCl	Scrubber basah atau semi-basah	10-60
Nitrogen oksida (NOx)	Scrubber kering dan electrostatic precipitator kering	70-95
Abu terbang	Presipitator elektrostatis dan filter fabricose	95-99.9
Dioksin & furan	Karbon aktif dan filter fabricose	50-99.9

log furan. Untuk mereduksi polutan yang diproduksi oleh *flue gas* maka diperlukan adanya regulasi pengontrol polusi udara atau yang populer dikenal sebagai *Air Pollution Control system* (APC system). Pada setiap tipe elemen yang terdapat dalam *flue gas* diharuskan terdapat teknologi alternatif yang mampu menjadi pengendali residu yang mungkin dihasilkan.

Pada Tabel 3 telah disajikan macam-macam teknologi yang mampu dijadikan sebagai metode pengelolaan berbagai jenis komponen pada *flue gas*. Setiap satuan operasi diwajibkan mengkombinasikan elemen satu dengan yang lain agar sistem penanganan polusi udara memiliki efisiensi yang tinggi (Mills, 1984).

### Kekurangan dan kelebihan proses insinerasi sebagai pengelolaan sampah berbasis lingkungan

Setiap teknologi yang dijadikan sebagai alternatif untuk mengatasi problematika sampah yang tidak dapat dikembangkan dengan baik maka diciptakanlah alat yang mampu menunjang upaya untuk meminimalisir volume sampah yang dihasilkan baik sampah organik maupun sampah non organik (Utami et al., 2016). Berkaitan tentang teknologi insinerasi sampah terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan. Peneliti telah menganalisis mengenai kekurangan dan kelebihan metode pengelolaan sampah insinerasi :

- 1) Kelebihan dari teknik pengelolaan sampah insinerasi adalah mampu mereduksi volume sampah hingga 90 %, dengan adanya pemulihan energi. Jika dalam pengelolaannya dapat berlangsung dengan efektif maka polusi udara yang menjadi output akan rendah dan hanya memerlukan penggunaan lahan yang minim (Mills, 1984).
- 2) Sementara itu kekurangannya, insinerasi menghasilkan limbah berbahaya (residu yang perlu diolah melalui sistem APC) oleh karena itu diperlukan pembuangan yang aman dan sesuai prosedur agar tidak membahayakan. Proses insinerasi memungkinkan produksi output berupa terak, gas buang dengan volume besar. Selain itu teknik pengelolaan sampah insinerasi perlu investasi dan biaya operasional yang tidak kecil, dengan biaya pemeliharaan alat yang tinggi pula. Disamping itu, insinerasi membutuhkan komposisi yang cocok untuk *autocombustion* yang mana menjadikan teknik pengelolaan sampah ini membutuhkan staf ahli yang berpengalaman karena harus melalui pengoprasian yang rentan (Starek, 2005).

### SIMPULAN

Perubahan iklim menjadi perhatian setiap manusia, dampak fenomena perubahan iklim dari mulai masifnya kejadian bencana, naiknya permukaan laut, hilangnya di-

versitas berbagai spesies flora serta fauna, bahkan meningkatnya bibit penyakit. Untuk mengatasi perubahan iklim yang terjadi pada tahun 2010, Universitas Negeri Semarang (UNNES) membutuhkan usaha yang keras, sebagai salah satu upaya menyikapi urgensi perubahan iklim. UNNES melakukan berbagai pengaplikasian dan inovasi baru untuk menunjang perkuliahan dengan berbasis ramah lingkungan. Salah satunya dengan pengelolaan sampah insinerasi, insinerasi menjadi salah satu teknik pengelolaan sampah non organik yang berbasis lingkungan karena minimnya emisi yang dihasilkan. Singkatnya teknologi insinerator dapat memusnahkan sampah non organik dengan cara melakukan pembakaran pada suhu tinggi dan terpadu. Proses pembakaran sampah terdiri dari 3 fase, yaitu melalui proses pra-pengolahan, proses pembakaran, proses pemulihan energi dan kemudian proses akhir berupa pengolahan gas buang (sistem APC). Insinerasi mampu mengurangi volume sampah hingga 90%, namun proses ini memiliki kekurangan yaitu investasi dan biaya operasional yang cukup tinggi serta limbah yang dihasilkan cukup berbahaya sehingga memerlukan pengelolaan lebih lanjut.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, C. D. (2009). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment Ninth Edition*. In *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment Ninth Edition*.
- Alex, S. (2015). *Sukses mengolah sampah organik : menjadi pupuk organik* (Ari (ed.); Cetakan Pe). Pustaka Baru Press.
- Arifin, M. Z. (2016). *INCENERATOR ALTERNATIF PENANGANAN SAMPAH YANG EFISIEN*.
- Banowati, E. (2012). Pengembangan Green Community Unnes Melalui Pengelolaan Sampah. *Indonesian Journal of Conservation*, 1(1), 11–19.
- Fadhilah, A., Sugianto, H., Hadi, K., Firmandhani, S. W., Woro, T., & Pandelaki, E. E. (2011). Kajian Pengelolaan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. *Modul*, 11(2), 62–71.
- Fathoni, K., Utomo, A. P. Y., Prasetyo, B., & Retnoningsih, A. (2021). Integrated waste management system in Universitas Negeri Semarang, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(5).
- Haryadi, H., Arifudin, R., Utomo, A. P. Y., & Yulianti, U. H. (2018). *Identification of Students' Interest of Literacy At College As A Form Of Cultural Conservation*. 247(Iset), 209–214.
- Hildayanti, A., & Suradin, M. Z. (2017). *Inovasi Gedung Pengolahan Sampah Berbasis Insinerasi yang Ramah Lingkungan*. H067–H074.
- Kulkarni, A. A., Patil, A. A., & Patil, B. B. (2014). Waste To Energy By Incineration. *Journal of Computing Technologies*, 3(6), 2278 – 3814.
- Lam, C. H. K., Ip, A. W. M., Barford, J. P., & McKay, G. (2010). Use of incineration MSW ash: A review. *Sustainability*, 2(7), 1943–1968.
- Manningtyas R.T., Permata N.D., Prastyo Y.B., K. R. L. (2017). IOP

- Conference Series: Earth and Environmental Science. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 91(1).
- Mikulik, J., & Babina, M. (2009). The role of universities in environmental management. In *Polish Journal of Environmental Studies* (Vol. 18, Issue 4).
- Mills, D. R. (1984). Air Pollution Control of Municipal Solid Waste Incinerators. *Proceedings, Annual Meeting - Air Pollution Control Association*, 2(May 2014).
- Popescu, D. E., Bungau, C., Prada, M., Domuta, C., Bungau, S., & Tit, D. M. (2016). Waste management strategy at a public university in smart city context. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(3), 1011–1020.
- Purwo, A., Utomo, Y., Lintang, D., & Cahyani, D. (2018). Identifikasi Teks Bergenre Cerita Bermuatan Nilai Konservasi. *LINGUA*, 21.
- Saddam, Setyowati, D. L., & Juhadi. (2016). Integrasi Nilai-nilai Konservasi dalam Habituasi Kampus untuk Pembentukan Kepribadian Mahasiswa Universitas Negeri Semarang. *Journal of Educational Social Studies*, 5(2).
- Starek, A. (2005). [Health risk related to municipal waste incineration]. *Medycyna Pracy*, 56(1), 55–62.
- Utami, R. D., Okayadnya, D. ., & Irawan, M. (2016). Meningkatkan Kinerja Incenerator Pada Pemusnahan Limbah Medis RSUD Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya*, 7(2), 115–123.
- Vostrikov, M. M., Shevchenko, S. Y., & Shestakov, V. I. (2018). Fluorotagent Oxal T-92 Disposal by the Insineration Method with Obtaining a Technological Steam. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference "Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development"*, WASTE 2018.
- Wibowo, M. E., & Dkk. (2017). *Tiga Pilar Konservasi : Penopang Rumah Ilmu Pengembang Peradaban Unggul* (Cetakan Pe). UNNES PRESS.
- Wibowo, M. E., Suyitno, H., Retnoningsih, M., Yuniawa, T., Prata-ma, H., Sunawan, Syaifudin, A., Yulianto, A., & Surahmat. (2017). *TIGA PILAR KONSERVASI: Penopang Rumah Ilmu Pengembang Peradaban Unggul*.
- Widyawati, S. A. (2020). *Perilaku Mahasiswa Dalam Pengelolaan Sampah Plastik Untuk Mendukung Misi Konservasi Universitas Negeri Semarang*.
- Yuliani, M. (2016). Insinerasi untuk Pengolahan Sampah Kota. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(No.2).
- Yuniar, R., & Santosa, J. M. J. P. (2022). Metode Insinerasi Pada Fasilitas Pengolahan Sampah Di Jakarta Timur. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 3(2), 3165.
- Yunitasari, I., & Hardati, P. (2016). Pengetahuan, Tingkat Kampus, Warga Fakultas, D I Universitas, Sosial Semarang, Negeri Pengelolaan, Tentang. *Edu Geography*, 4(3), 50–56.