

# Uji Variasi Kadar Air (*Moisture Content*) Sampah Residu Terhadap Performansi Insinerator

Rio Sua Geralta Ginting, I Nyoman Suprpta Winaya, I Gede Putu Agus Suryawan

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Kandungan air merupakan komponen yang selalu terbawa dalam sampah. Pengaruh dari kandungan air adalah terjadinya penurunan nilai kalor dari bahan bakar sampah yang mempengaruhi efisiensi insinerator. Kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor sampah dan menghambat pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air sampah (*moisture content*) terhadap performansi insinerator yang dilihat berdasarkan laju pembakaran, dan kapasitas *thermal* pembakaran. Dengan metode studi eksperimental, ditetapkan variasi *moisture content* sampah melalui proses pengeringan terlebih dahulu yang akan diteliti untuk dicari pengaruhnya terhadap performansi insinerator, yaitu ; *moisture content* dari sampah pengeringan 1 hari, *moisture content* dari sampah pengeringan 2 hari, *moisture content* dari sampah pengeringan 3 hari, dan *moisture content* dari sampah yang tidak dikeringkan. Hasil dari studi eksperimental yang dilakukan menunjukkan: 1) Insinerasi pengeringan sampah 3 hari memberikan hasil terbaik pada laju pembakaran, yaitu 189,375 gr/menit; 2) Insinerasi pengeringan sampah 3 hari memberikan hasil terbaik pada kapasitas *thermal* pembakaran, yaitu 457,204 MJ/jam;

*Kata kunci: Insinerator, Sampah Residu, Variasi Moisture Content Sampah, Performansi.*

## Abstract

*Water content is a component that usually carried away in waste. The effect of this water content is a decrease on caloric value of waste fuel which is affect the incinerator efficiency. High water content will decrease caloric value of waste and inhibit the combustion. This research aim is to determine the waste moisture content effect of incinerator performance, based on combustion rate, and combustion thermal capacity. With the experimental study method, the set of waste moisture content variation to be examined was determined to find its effect on the incinerator performance, that is: moisture content of 1 day drying waste, moisture content of 2 days drying waste, moisture content of 3 days drying waste, and moisture content of undried waste. The results of experimental studies showed that: 1) The highest rate of combustion system occurs in 3 days of dry waste incineration, namely 189.375 gr/minute; 2) The highest combustion thermal capacity occurred in the incineration of waste that was dried for 3 days, namely 457.204 MJ/h;*

*Keywords: Incinerator, Residual Waste, Waste Moisture Content Variation, Performance.*

---

## 1. Pendahuluan

Sistem kelola sampah perkotaan di Republik Indonesia kini menjadi sebuah permasalahan nyata disertai dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi dan secara tidak langsung sangat berdampak pada jumlah sampah yang diproduksi dan sistem kelola sampah [1]. Disebutkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bahwasanya timbulan sampah yang ada di Republik Indonesia jumlahnya sudah mencapai 175.000 ton/hari dan jika disetarakan, maka jumlah timbulan sampah ini setara 64 juta ton/tahun dengan beberapa sistem kelola seperti berikut; diangkut dan ditumpuk di TPA sebanyak 69%, dikubur sebanyak 10%, dijadikan kompos dan didaur ulang sebanyak 7%, dibakar sebanyak 5%, dan sisa dari sampah tersebut tidak dikelola sebanyak 7%. Dilihat dari data yang tertera, pada masa ini sistem kelola sampah di Republik Indonesia masih dikonsentrasikan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah dan tidak terlebih

dahulu melewati proses *Reduce, Recycle, dan Reuse* (3R) dari sumber sampah yang seharusnya melibatkan peran dan partisipasi masyarakat. Inilah yang sebenarnya menjadi faktor umum beban pengelolaan di TPA semakin berat dan umur penggunaan TPA semakin singkat [2]. Ada beberapa metode pengelolaan sampah yang dapat diterapkan sebagai alternatif pemecahan masalah sampah di TPA. Pemadatan (*bail press*), lahan urugan terbuka (*open dumping*), lahan urugan terkendali, lahan urugan saniter (*sanitary landfill*), pembakaran (*incinerating*), dan pengkomposan (*composting*). Namun metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing [3]. Insinerasi adalah suatu proses yang terjadi pada teknologi insinerator yang bertujuan untuk mengubah/mengkonversi materi padat (pada kasus ini adalah sampah) menjadi materi gas (gas buang dari pembakaran), serta menjadi materi padat yang sulit untuk terbakar, seperti abu (*bottom ash*) dan debu (*fly ash*). Kalor yang tercipta dari proses insinerasi ini bisa

juga dimanfaatkan untuk mengubah/mengkonversi suatu materi menjadi materi lain dan energi, seperti untuk pembangkit listrik dan atau sebagai sumber air panas. Insinerasi dapat mengurangi volume buangan padat domestik sampai 85%-95% dan pengurangan berat sampai 70%-80% [4]. Teknologi insinerator adalah sebuah tungku pembakaran yang digunakan sebagai pengolah limbah padat, yang mengubah atau mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan menjadi abu (*bottom ash dan fly ash*). Insinerasi adalah sebuah perlakuan pengolahan thermal limbah padat dengan menggunakan proses pembakaran pada alat thermal insinerator agar mengurangi volume sampah yang mudah terbakar (*combustible*) yang sudah tidak dapat di daur ulang, membunuh bakteri, virus dan kimia toksik [5]. Kandungan air merupakan komponen yang selalu terbawa dalam sampah. Pengaruh dari kandungan air adalah terjadinya penurunan nilai kalor dari bahan bakar sampah yang mempengaruhi efisiensi incinerator [6]. Kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor sampah dan menghambat pembakaran [7].

Adapun permasalahan yang diambil pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi kadar air (*moisture content*) sampah residu rumah tangga terhadap performansi insinerator yang dilihat berdasarkan laju pembakaran dan kapasitas thermal pembakaran.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sampah

Sampah merupakan limbah yang berbentuk padat yang didalamnya terdapat sampah yang dapat terurai (sampah organik), sampah yang tidak dapat terurai (sampah anorganik), serta sampah yang mengandung zat-zat kimia berbahaya (sampah B3) yang sudah tidak berguna sama sekali dan wajib diolah kembali agar tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar [8].

Karakteristik sampah adalah sifat-sifat sampah yang meliputi sifat fisik, sifat kimiawi, dan sifat biologis sampah. Sifat-sifat ini sangat penting untuk perencanaan dan pengelolaan sampah kota secara terpadu, diantaranya adalah sifat fisik yang meliputi berat spesifik sampah, kelembaban sampah, permeabilitas sampah, dan *field capacity*; sifat kimia; dan sifat biologis yang meliputi *biodegradability*, dan bau [9].

### 2.2. Insinerasi

Insinerasi merupakan suatu teknologi pengolahan limbah padat dengan cara membakar limbah pada temperatur tinggi dengan tujuan untuk mereduksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus dan kimia toksik. Sedangkan pada limbah B3 yaitu untuk mengurangi sifat-sifat berbahaya seperti racun dan radiasi. Insinerator dapat digunakan terhadap berbagai macam limbah organik, termasuk minyak, pelarut, bahan farmasi, dan pestisida. [10]

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses insinerasi, faktor tersebut adalah komposisi atau jenis limbah, waktu insinerasi, suhu, dan berat limbah. [11]

### 2.3. Insinerator

Insinerator adalah tungku pembakaran yang digunakan untuk mengolah limbah padat menjadi materi gas dan abu (*bottom ash dan fly ash*). Pengolahan sampah dengan insinerasi dapat mengurangi volume dan massa serta mengurangi sifat berbahaya dari sampah infeksius. Faktor yang memegang peranan penting dalam insinerasi adalah temperatur pembakaran dan waktu pembakaran sampah tersebut. Pemanfaatan energi panas insinerasi identik dengan combustion, yaitu dapat menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan. Faktor penting yang harus diperhatikan adalah kuantitas dan kontinuitas limbah yang akan dipasok. Kuantitas harus cukup untuk menghasilkan energi secara continue agar suplai energi tidak terputus. [10]

### 2.4. Moisture Content

Kandungan air (*moisture content*), akan menjadi acuan massa ekivalen timbulan sampah. Massa ekivalen sampah setelah dikurangi kandungan air, nilai kalor HHV rerata, dan rentang waktu akan menjadi faktor dalam perhitungan potensi energi dari timbulan sampah yang ada. Kandungan air (*moisture content*) pada sampah rumah tangga mencapai hingga 50-80 % yang didapat dari cairan yang melekat pada sampah dapur atau hujan ketika proses pengumpulan dan pengangkutan. Kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor sampah dan menghambat pembakaran. Sampah yang memiliki nilai kalor rendah akan menurunkan temperatur rata-rata ruang bakar dan stabilitas pembakaran yang berakibat pada meningkatnya jumlah waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna [7].

Persentase kadar air (*moisture content*) yang terkandung di dalam sampah dapat dihitung dengan menggunakan standar ASTM D-3173-03 dengan persamaan sebagai berikut [12]:

$$MC = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

MC : *Moisture Content* (%)

a : Massa Sampah Sebelum Dipanaskan (gram)

b : Massa Sampah Setelah Dipanaskan (gram)

### 2.5. Parameter Proses Kinerja Insinerator

Untuk melakukan pengukuran performansi dari proses pembakaran pada insinerator dapat dilakukan dengan beberapa parameter pengukuran sesuai dengan perumusan masalah yang sudah dibuat, diantaranya adalah:

a. Kapasitas Thermal Pembakaran

$$C = B_{bt} \times LHV_{bb}$$

Dimana:

C = Kapasitas Thermal (MJ/jam)

B<sub>bt</sub> = Laju Pembakaran (kg/jam)

b. Laju Pembakaran

$$B_{bt} = \frac{m_0 - m_1}{t}$$

Dimana:

- $B_{bt}$  = Laju Pembakaran (kg/jam)
- $m_0$  = Massa Sampah (kg)
- $m_1$  = Massa Sisa Pembakaran (kg)

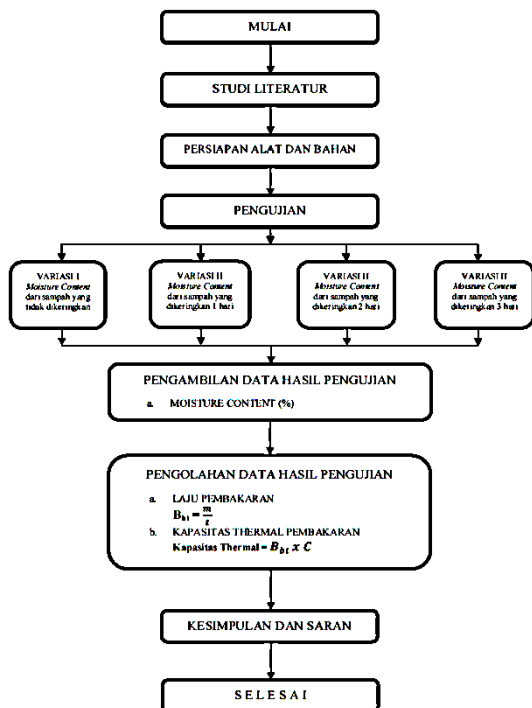
3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan studi eksperimental yang dimana kontrol penelitian dilakukan secara ketat untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lainnya. Data yang didapatkan dari studi eksperimental ini bersifat sistematis dan logis sehingga hasil dari penelitian ini memiliki kemampuan pembuktian yang lebih kuat dibandingkan dengan jenis penelitian dengan metode yang lainnya.

Metode pendekatan secara eksperimental ini dilakukan sesuai dengan tujuan pelaksanaan penelitian yaitu dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh variasi kadar air (*moisture content*) sampah residu terhadap performansi insinerator yang dilihat berdasarkan laju pembakaran, dan kapasitas thermal pembakaran; dengan temperatur yang telah ditentukan serta dengan waktu pembakaran yang telah ditentukan.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam studi eksperimental ini adalah:

- Insinerator Sampah Residu : 1 Unit
- Blower : 2 Unit
- Thermokopel : 4 Unit
- Blower Sentrifugal/ ID Fan : 1 Unit
- Gas Analyzer Set : 1 Unit
- Oven : 1 Unit
- Timbangan : 2 Unit



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Moisture Content Sampah

Proses pengambilan data *moisture content* dilakukan sesuai dengan ASTM D-3173-03, antara lain sebagai berikut.

- Setiap variabel sampah diletakkan ke cawan dengan massa 20 gram.
- Setiap variabel sampah dipanggang di dalam oven dengan temperature 105°C-110°C selama 6 jam.
- Sebelum proses pemanggangan dilakukan, catat data yang ada lalu di hitung dengan menggunakan rumus.
- Tunggu hingga 6 jam, setelah itu segera ambil data moisture content.

Berikut adalah proses perhitungan pengambilan data moisture content:

a) Sampah pengeringan 0 hari

$$MC = \frac{(20-5)}{20} \times 100\%$$

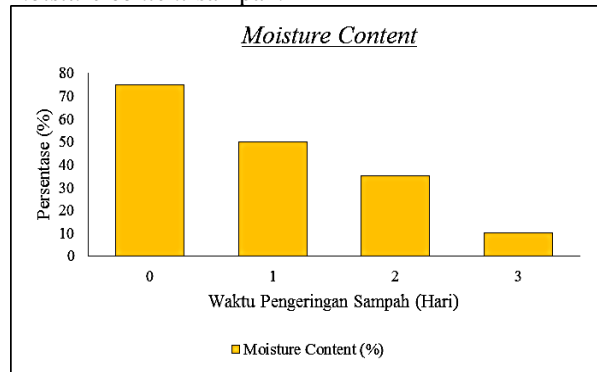
$$MC = 75\%$$

Berikut adalah data hasil dari pengujian *moisture content* sampah.

Tabel 1. Data Moisture Content Sampah

Variabel Pengeringan (Hari)	Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	Moisture Content (%)
0	20	5	75
1	20	10	50
2	20	13	35
3	20	18	10

Berikut adalah grafik data hasil dari pengujian *moisture content* sampah.



Gambar 2. Grafik Data Moisture Content

Dari beberapa data hasil pengujian tersebut dapat dilihat perbedaan *moisture content* sampah yang berbeda-beda per-variabel pengujian. Berdasarkan data pada sampah pengeringan 3 hari, *moisture content* yang terkandung di dalam sampah dengan variabel pengeringan tersebut hanya 10%, sedikit berbeda jauh dengan penurunan kadar *moisture content* dari sampel sampah sebelumnya. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama sampah dijemur,

maka proses penguapan kadar *moisture content* yang terdapat pada sampah semakin besar sehingga sampah menjadi lebih kering dibandingkan dengan sampah yang hanya dikeringkan selama 1 hari, 2 hari, atau yang tidak dikeringkan.

#### 4.2 Pengolahan Data Laju Pembakaran

Pengolahan data laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui berapa laju pembakaran per satuan menit yang terjadi pada proses insinerasi sampah residu rumah tangga per-sampel sampah. Hasil dari pengolahan data ini berkaitan dengan pengolahan data yang selanjutnya sehingga pada akhirnya dapat diketahui performansi dari insinerator.

Berikut adalah proses perhitungan pengambilan data laju pembakaran yang terjadi pada insinerasi setiap sampel sampah.

- a) Sampah ber*moisture content* 75%

$$B_{bt} = \frac{10000 \text{ gr} - 2955 \text{ gr}}{40 \text{ menit}}$$

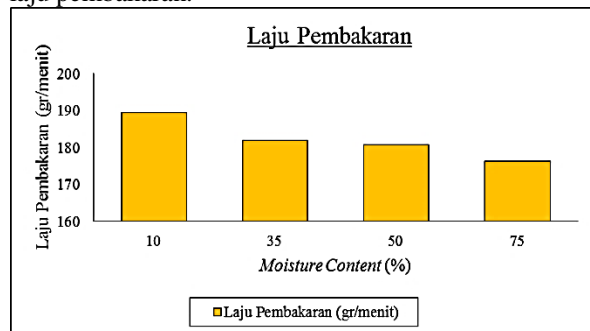
$$B_{bt} = 176,125 \text{ gr/menit}$$

Berikut adalah data hasil dari pengolahan data laju pembakaran.

**Tabel 2. Pengolahan Data Laju Pembakaran**

Moisture Content (%)	M <sub>0</sub> (kg)	M <sub>1</sub> (kg)	t (menit)	Laju Pembakaran (gr/menit)
75	10	2,955	40	176,125
50	10	2,77	40	180,75
35	10	2,275	40	181,875
10	10	2,425	40	189,375

Berikut adalah grafik data hasil pengolahan data laju pembakaran.



**Gambar 3. Grafik Data Laju Pembakaran**

Berdasarkan hasil perhitungan pengolahan data laju pembakaran tersebut dapat diartikan semakin kering sampah yang diinsinerasi, maka laju pembakarannya semakin tinggi. Menurut Bagus (2002), kadar air pada sampah akan mempengaruhi kualitas pembakaran, sehingga dari jurnal ini, dapat membuktikan bahwa perbedaan laju pembakaran pada proses insinerasi setiap sampel sampah di akibatkan oleh *moisture content* yang ada pada setiap sampel sampah. Pada sampah ber*moisture content* 75%, laju pembakaran yang terjadi adalah 176,125 gr/menit. Pada sampah ber*moisture content* 50%, laju pembakaran yang terjadi adalah 180,75 gr/menit.

Pada sampah ber*moisture content* 35%, laju pembakaran yang terjadi adalah 181,875 gr/menit. Sampah ber*moisture content* 10% menjadi variabel yang paling tinggi laju pembakarannya pada proses insinerasinya, yaitu 189,375 gr/menit.

#### 4.3 Pengolahan Data Kapasitas Thermal Pembakaran

Pengolahan data kapasitas thermal pembakaran dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas thermal yang terjadi di dalam ruang bakar selama proses insinerasi per-sampel sampah sedang berlangsung. Hal ini dilakukan agar nantinya dapat dilakukan penetapan sampel sampah mana yang paling tinggi kapasitas thermal per pembakarannya.

Berikut adalah proses perhitungan pengambilan data kapasitas thermal pembakaran yang terjadi pada insinerasi setiap sampel sampah.

- a) Sampah ber*moisture content* 75%

$$C = 10,5675 \text{ kg/jam} \times 40,238 \text{ MJ/kg}$$

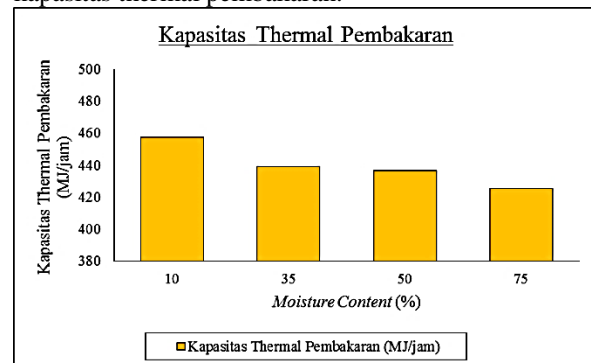
$$C = 425,215 \text{ MJ/jam}$$

Berikut adalah data hasil dari pengolahan data kapasitas thermal pembakaran.

**Tabel 3. Pengolahan Data Kapasitas Thermal Pembakaran**

Moisture Content (%)	Laju Pembakaran (kg/jam)	LHV <sub>bb</sub> (MJ/kg)	Kapasitas Thermal Pembakaran (MJ/jam)
75	10,567	40,238	425,215
50	10,845	40,238	436,381
35	10,9125	40,238	439,097
10	11,3625	40,238	457,204

Berikut adalah grafik data hasil pengolahan data kapasitas thermal pembakaran.



**Gambar 4. Grafik Data Kapasitas Thermal Pembakaran**

Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa pada sampah ber*moisture content* 10%, kapasitas thermal yang terjadi pada proses insinerasinya menjadi yang paling tinggi yaitu 457,204 MJ/jam. Diikuti sampah ber*moisture content* 35% yaitu 439,097 MJ/jam. Pada proses insinerasi sampah ber*moisture content* 50%, kapasitas thermal

yang terjadi yaitu 436,381 MJ/jam. Sedangkan sampah bermoisture content 75% menjadi sampel sampah yang paling kecil kapasitas thermalnya pada saat proses insinerasi yaitu 425,215 MJ/jam. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan moisture content pada setiap sampel sampah. Sampel sampah yang paling keringlah yang kapasitas thermal pembakarannya paling tinggi. Menurut Bagus (2002), kadar air yang terkandung dalam sampah dapat mempengaruhi nilai kalor sampah itu sendiri, sehingga dari pernyataan tersebut membuktikan bahwa moisture content yang terdapat pada sampel sampahlah yang mempengaruhi kapasitas thermal pembakarannya pada saat diinsinerasi.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan dari seluruh pengujian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yang didasari oleh pengujian yang sudah dilakukan.

Sampah bermoisture content 10% adalah sampel sampah yang paling baik hasilnya ketika diinsinerasi dan berpengaruh baik terhadap performansi dari insinerator. Hal ini terjadi diakibatkan oleh rendahnya kadar moisture content yang terkandung di dalam sampel sampah ini; sehingga laju pembakaran, dan kapasitas thermal pembakarannya baik.

## Daftar Pustaka

- [1] Mahyudin, R. P., 2017, *Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah dan Dampak Lingkungan Di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)*, Jurnal Teknik Lingkungan, Vol.3, No.1, pp. 66-74.
- [2] Nugraha, A., S. H. Sutjahjo, dan A. A. Amin, 2018, *Persepsi dan Partisipasi Masyarakat Terhadap Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Melalui Bank Sampah Di Jakarta Selatan*, Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan, Vol., No. 1, pp. 7-14.
- [3] Ratih, S. Y., 2011, *Evaluasi Metode Pengelolaan Sampah Untuk Umur Layan Di TPA Putri Cempo*, Jurnal Penelitian. Vol. No.2, pp. 41-51.
- [4] Wasilah, A. Hildayanti, dan M. Z. Suradin, 2017, *Inovasi Gedung Pengolahan Sampah Berbasis Insinerasi Yang Ramah Lingkungan*, Prosiding Temu Ilmiah IPLBI.
- [5] Abdullah, I., Y. N. Manik, Barita, Jufrizal, Supriatno, Zainuddin, dan Eswanto, 2019, *Desain Insinerator Menggunakan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit*, Jurnal Rekayasa Material, Vol. 2, No. 1, pp. 34-43.
- [6] Bagus, P. T., 2002, *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan*

*Teknologi Incenerator*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 3, No. 1, pp. 17-23.

- [7] Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2018, *Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi) Indonesia*.
- [8] Anggraini, D., M. B. Pertiwi, dan D. Bahrin, 2012, *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik.*, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 1, No. 18, pp. 17-23.
- [9] Hariastuti, N. P., 2013, *Pemodelan Sistem Normatif Pengelolaan Sampah Kota*, Jurnal IPTEK., Vol.17 No.1, pp. 61-72.
- [10] Utami, R. D., D. G. Okayadnya, dan M. Mirwan, 2015, *Meningkatkan Kinerja Incenerator Pada Pemusnahan Limbah Medis RSUD Dr. Soetomo Surabaya*, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, Vol.7 No. 2, pp. 115-123.
- [11] Hidayah, E. N., 2007, *Uji Kemampuan Pengoperasian Insinerator Untuk Mereduksi Limbah Klinis Rumah Sakit Umum Haji Surabaya*, Jurnal Rekayasa Perencanaan., Vol.4 No. 1, pp. 1-9.
- [12] Rania, M. F., I. G. E. Lesmana, dan E. Maulana, 2019, *Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Incinerator Pirolisis*, Jurnal Sintek, Vol.13 No.1 pp. 51-59.

	<b>Rio Sua Geralta Ginting</b> menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana pada tahun 2021.
Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi.	