

# Pengaruh Komposisi Dan Kadar Air Sampah Terhadap Karakteristik *Refuse Derived Fuel (RDF) Municipal Solid Waste (MSW)*

Wilton Argandi Simbolon, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma  
dan I Gusti Ngurah Putu Tenaya

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Populasi penduduk yang terus meningkat akan mengakibatkan peningkatan terhadap kenaikan angka sampah serta peningkatan akan energi yang dibutuhkan. Penggunaan *Refuse Derived Fuel (RDF) Municipal Solid Waste (MSW)* sebagai bahan bakar alternatif adalah salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi dan kadar air terhadap karakteristik RDF yang dihasilkan dari MSW. Karakteristik RDF MSW sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan bakar, kandungan air (*Moisture Content*) yang dari kedua ini berdampak pada nilai kalor yang dihasilkan, kadar abu, serta kenaikan temperatur. Untuk mengetahui seberapa besar kandungan abu, kenaikan temperatur, dan energi dihasilkan dari pengujian sampah perkotaan yang diubah menjadi RDF MSW dengan menggunakan pengujian TGA (*Thermogravimetric Analysis*), Bomb Calor, *Fixed-Bed*. Semakin tinggi bahan organik yang terdapat didalam bahan bakar semakin tinggi pula kadar abu yang dihasilkan. Kandungan abu tertinggi terdapat pada sampel V1a dengan komposisi 95% organik, 5% plastik, dan kadar air 20% dengan massa abu 18,5 gram. Kenaikan temperatur dipengaruhi oleh komposisi dan kadar air yang terdapat didalam RDF MSW. Dengan komposisi organik yang tinggi dan kadar air yang rendah cenderung menghasilkan kenaikan temperatur yang lebih tinggi. Jika kandungan kadar air didalam RDF MSW tinggi dapat menurunkan temperatur pembakaran karena energi yang digunakan untuk menguapkan air. Kenaikan temperatur yang tertinggi pada penelitian ini terdapat pada sampel V1c dengan komposisi organik 95%, plastik 5%, dan kadar air 10% dengan temperatur tertinggi sebesar 960°C. Energi yang dihasilkan dari pengujian RDF MSW terbaik terdapat pada sampel V3c dengan komposisi 90% organik, 10% plastik, dan kadar air 10% dengan energi yang dihasilkan sebesar 1,304996 MJ atau setara dengan 0,362499 KWh. Semakin tinggi komposisi organik dalam RDF dan kadar air yang rendah semakin tinggi pula energi yang dihasilkan.

Kata kunci : RDF MSW, Karakteristik Bahan bakar, *Moisture Content*, Komposisi bahan bakar

## Abstract

*The increasing population will lead to an increase in the amount of waste as well as an increase in energy demand. The use of Refuse Derived Fuel (RDF) Municipal Solid Waste (MSW) as an alternative fuel is one way to meet the increasing energy needs. This study aims to analyze the effect of composition and moisture content on the characteristics of RDF produced MSW. The characteristics of MSW RDF are strongly influenced by fuel composition, moisture content, which both have an impact on the heating value produced, ash content, and temperature rise. To find out how much ash content, temperature rise, and energy is produced from testing urban waste converted into MSW RDF using TGA (Thermogravimetric Analysis), Bomb Calor, Fixed-Bed testing. The higher the organic matter contained in the fuel, the higher the ash content produced. The highest ash content was found in sample V1a with a composition of 95% organic, 5% plastic, and 20% moisture content with an ash mass of 18.5 grams. The increase in temperature is influenced by the composition and moisture content contained in MSW RDF. With a high organic composition and low moisture content tends to produce a higher temperature increase. If the water content in MSW RDF is high, it can reduce the combustion temperature because the energy used to evaporate water. The highest temperature increase in this study was found in sample V1c with 95% organic composition, 5% plastic, and 10% moisture content with the highest temperature of 960°C. The energy generated from testing the best MSW RDF is found in sample V3c with a composition of 90% organic, 10% plastic, and 10% moisture content with the energy produced of 1.304996 MJ or equivalent to 0.362499 KWh. The higher the organic composition in RDF and the lower the moisture content, the higher the energy produced.*

Keywords: MSW RDF, Fuel Characteristics, Moisture Content, Fuel Composition

## 1. Pendahuluan

Perluasan ekonomi menyebabkan pembangunan kota yang signifikan. PBB memperkirakan bahwa tiga perempat orang diseluruh dunia akan tinggal di kota tahun 2050 [1]. PBB memperkirakan pada tahun 2025, 271.227.000 orang dengan 178.731.00 dari mereka tinggal di daerah perkotaan, dan akan menghasilkan sampah 151.921 ton per hari. Berdasarkan data Sistem Infomasi Pengolahan Samapah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2023, jumlah

timbunan sampah di Indonesia mencapai angka 19.560.111.17 ton pada tahun 2023. Di Provinsi Bali pada tahun 2022 menghasilkan timbunan sampah sebesar 525.962.04 ton per tahun. Sumber sampah paling banyak dari rumah tangga 39,94%, pasar 19,48%, dan perniagaan 17,44%.

Dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat akan ada pula peningkatan energi yang dibutuhkan. Jika penggunaan energi fosil terus meningkat, cadangan energi akan menipis dan menjadi ancaman pada pertumbuhan ekonomi

Indonesia. Oleh karena itu kita harus beralih ke konsumsi energi terbarukan agar keberlangsungan dan ketersediaan energi dapat dipertahankan. [2].

*Refuse Derived Fuel* (RDF) merupakan salah satu bahan bakar alternatif, dimana RDF adalah bahan bakar homogen yang di konversi dari sampah perkotaan (MSW). Beberapa parameter yang mempengaruhi bagus tidaknya suatu RDF adalah komposisi, kadar air, dan nilai kalor. RDF dengan komposisi 25% kardus, 28% plastic, 23% tekstil, 4% organik memiliki nilai kalor 2722 kal/gram [3].

Nilai kadar air dapat mempengaruhi kualitas dari RDF, semakin rendah kadar air yang terdapat dalam RDF akan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan [4]. Bahan bakar RDF dengan komposisi 92% sampah organik dan 8% sampah anorganik daengan kadar air 5-6% dapat menghasilkan nilai kalor sebesar 4819,200 cal/gram [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh dari komposisi, dan kadar air (*moisture content*) terhadap karaktersitik jumlah abu, kenaikan temperatur, dan energi yang dihasilkan dari RDF (*Refuse Derived Fuel*).

## 2. Dasar Teori

Sampah adalah bahan yang tidak diinginkan atau tidak terpakai yang dihasilkan dari aktivitas manusia dengan komposisi sampah yang acak seperti orgnaik, anorganik. Sampah yang akan diubah menjadi RDF harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum menjadi bahan bakar RDF. [6]

Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, 2023 total timbunan sampah yang ada di Indonesia hampir mencapai 14 juta ton ditahun 2023. Timbunan sampah tertinggi terdapat di ibu kota Indonesia DKI Jakarta sebesar 3.141.648.02 Ton pada tahun 2023.

Di negara berkembang seperti Indonesia, MSW didefinisikan sebagai limbah rumah tangga atau yang berasal dari kegiatan komersial, industri, kawasan tertentu, fasilitas sosial, dan fasilitas lainnya. [7] Berdasarkan informasi yang dipaparkan oleh Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2023 menyatakan peringkat pertama pemasok sampah MSW adalah sampah rumah tangga. Peringkat kedua diduduki pasar sebagai sumber sampah terbanyak setelah sampa rumah tangga.

*Refuse Derived Fuel* merupakan bahan bakar homogen yang berasal dari sampah perkotaan, industri, pertanian dll. RDF dihasilkan dari proses pemisahan limbah sampah yang mudah terbakar dan yang sulit terbakar. Berbagai macam komposisi MSW dapat dibakar tanpa bahan bakar tambahan. Namun, kadar air, dan material yang tidak dapat terbakar, tidak memberikan kenaikan terhadap nilai kalor. Pengolahan dilakukan untuk meningkatkan nilai kalor dan meminimalisir kadar abu. [8]

Karakterisitk RDF yang terdapat didalam bahan bakar RDF dapat diuji dengan uji proksimate (kadar air, kadar abu, zat menguap, karbon tetap). Nilai kalor yang terdapat didalam RDF diukur menggunakan alat bom kalor. Nilai kalor dapat diartikan sebagai besaran untuk menggambarkan nilai energi yang terkandung pada suatu bahan bakar [9]

## 3. Metode Penelitian

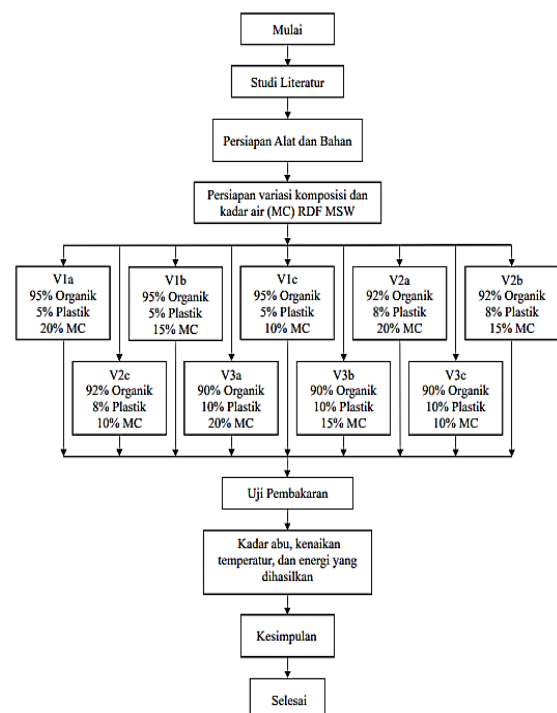
### 3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Furnace*
2. *Thermogravimetric Analysis* (TGA)
3. Reaktor
4. *Heater*
5. *Thermocontrol*
6. *Isolator Glasswol*
7. *Bomb calorimeter*
8. Timbangan
9. *Thermocouple*
10. *Data logger*
11. *Timer*
12. Bahan bakar RDF MSW

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Grafik alir ini menggambarkan prosees penelitian mulai dari penentuan kandungan kadar air dan komposisi yang ada di dalam sampel pengujian. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik bahan



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

bahan dan pengujian pembakaran menggunakan reaktor *Fixed-bed*. Hasil pengujian *Fixed-bed* akan dihitung kadar abu, kenaikan temperatur, dan energi yang dihasilkan.

Pengujian dilakukan dengan temperatur 800°C menggunakan reaktor *Fixed-Bed* dengan keadaan *steady state*. Pada saat memasukkan bahan bakar terjadi penurunan temperatur yang sangat signifikan sampai pada temperatur 469°C. Setelah selesai tahap memasukkan bahan bakar temperatur akan meningkat cepat hingga melawati temperatur operasionalnya. Pengujian sudah selesai diindikasikan dengan tidak adanya kenaikan temperatur. Setelah pengujian selesai didapatkan kadar abu hasil pembakaran, kenaikan temperatur, dan energi yang dapat dihasilkan dari bahan bakar RDF MSW.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Karakteristik Bahan Bakar RDF MSW

Karakteristik bahan bakar perlu diketahui agar mendapatkan kandungan yang dimiliki bahan bakar sebelum dilakukan sebagai sampel pengujian. Untuk mencari karakteristik dari bahan bakar dilakukan pengujian menggunakan uji *Proximate*, uji *Ultimate*, uji *Bomb Calor*.

**Tabel 1. Hasil Uji Proximate RDF MSW**

| No | Sampel Bahan Bakar | Komposisi |           | Moisture     | Ash         | Volatiles  | Fixed      |
|----|--------------------|-----------|-----------|--------------|-------------|------------|------------|
|    |                    | organik   | anorganik | Content (MC) | Content (%) | matter (%) | Carbon (%) |
| 1  | V1a                | 95%       | 5%        | 20,98%       | 12,94       | 56,72      | 9,37       |
| 2  | V1b                |           |           | 14,32%       | 15,81       | 60,89      | 8,98       |
| 3  | V1c                |           |           | 11,02%       | 10,68       | 66,54      | 11,76      |
| 4  | V2a                | 92%       | 8%        | 18,32%       | 10,32       | 62         | 9,36       |
| 5  | V2b                |           |           | 16,36%       | 9,74        | 63,5       | 10,41      |
| 6  | V2c                |           |           | 11,14%       | 11,93       | 66,51      | 10,42      |
| 7  | V3a                | 90%       | 10%       | 20,85%       | 9,02        | 60,46      | 9,67       |
| 8  | V3b                |           |           | 14,92%       | 10,79       | 64,95      | 9,34       |
| 9  | V3c                |           |           | 9,26%        | 11,44       | 70,48      | 8,82       |

Hasil yang didapatkan dari pengujian Proksimate menunjukkan bahwa kandungan komposisi dalam bahan bakar RDF MSW mempengaruhi nilai *ash content*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Semakin tinggi kandungan organik yang terdapat didalam bahan bakar semakin cenderung semakin tinggi nilai *ash content* dan *fixed carbon* yang dihasilkan. Semakin rendah kandungan organik akan meningkatkan volatile matter.

**Tabel 2. Tabel Uji ultimate**

| Sampel  | C (%) | H (%) | O (%) | N (%) | S (%) |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RDF     | 35,97 | 4,22  | 22,85 | 1,07  | 0,15  |
| Plastik | 63,91 | 5,33  | 58,18 | 0     | 0,045 |

Data tabel uji ultimate digunakan untuk mengetahui seberapa besar kandungan karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), sulfur (S) yang terdapat didalam RDF dan plastik. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna harus mengetahui kandungan C, H, O, N, S yang terdapat didalamnya.

**Tabel 3. Hasil Uji Bomb Calorimeter**

| No | Bahan Bakar | Komposisi |           | Temperatur |        | Nilai Kalor |             |
|----|-------------|-----------|-----------|------------|--------|-------------|-------------|
|    |             | organik   | anorganik | T1         | T2     | (Cal/gr)    | (MJ/kg)     |
| 1  | V1a         | 95%       | 5%        | 23,835     | 25,611 | 3172,05     | 13,28073768 |
| 2  | V1b         |           |           | 26,311     | 28,058 | 3018,096    | 12,6361645  |
| 3  | V1c         |           |           | 25,714     | 27,626 | 3421,534    | 14,3252788  |
| 4  | V2a         | 92%       | 8%        | 26,211     | 27,841 | 2848,904    | 11,92779158 |
| 5  | V2b         |           |           | 26,898     | 28,445 | 2708,861    | 11,34146008 |
| 6  | V2c         |           |           | 26,682     | 28,693 | 3613,262    | 15,12800597 |
| 7  | V3a         | 90%       | 10%       | 26,947     | 28,645 | 2865,437    | 11,997014   |
| 8  | V3b         |           |           | 26,982     | 28,863 | 3386,279    | 14,177671   |
| 9  | V3c         |           |           | 25,412     | 27,391 | 3543,521    | 14,836012   |

Berdasarkan hasil uji *bomb calor* nilai kalor tertinggi terdapat pada sampel V2c dengan komposisi 92% organik dan 8% plastik dengan kadar air 8% menghasilkan nilai kalor sebesar 15,12800597 MJ/kg, dan yang terendah terdapat pada sampel V2b sebesar 11,34146008 MJ/kg.

##### 4.2 Data hasil Pengujian RDF MSW

Hasil Pengujian kadar abu, kenaikan temperatur, dan energi yang dihasilkan dari bahan bakar RDF MSW dari pengujian, ditampilkan dalam grafik dan tabel sebagai berikut:

###### 1. Kadar Abu (*Ash Content*)

Massa bahan bakar RDF MSW yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,1 kg

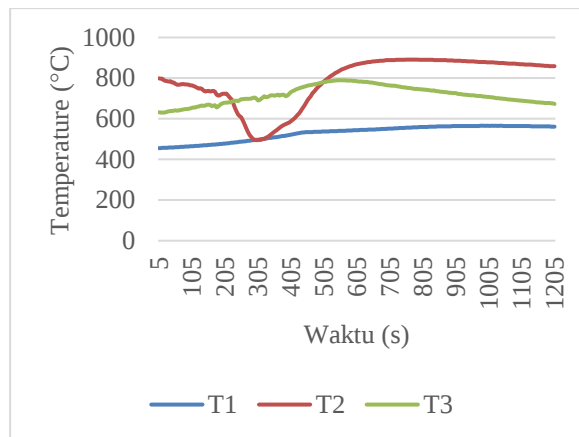
**Tabel 4. Hasil Kadar Abu**

| No | Sampel Bahan Bakar | bobot sampel (g) | bobot abu (g) |
|----|--------------------|------------------|---------------|
| 1  | V1a                | 100              | 18,5          |
| 2  | V1b                | 100              | 11,7          |
| 3  | V1c                | 100              | 12,4          |
| 4  | V2a                | 100              | 17,2          |
| 5  | V2b                | 100              | 14,8          |
| 6  | V2c                | 100              | 11,2          |
| 7  | V3a                | 100              | 15,1          |
| 8  | V3b                | 100              | 11,7          |
| 9  | V3c                | 100              | 10            |

Berdasarkan data yang sudah didapat kadar abu tertinggi diperoleh pada variasi V1a dengan bobot 18,5 gram, dan untuk nilai kadar abu terendah terdapat pada variasi V3c sebesar 10 gram. Semakin tinggi kadar organik yang terdapat didalam suatu bahan bakar akan meningkatkan kandungan abu yang ada didalamnya.

## 2. Kenaikan temperatur

Data kenaikan temperatur yang terjadi didalam ruang bakar tercatat dengan baik dari setiap sampel. Dalam raktor pengujian terdapat 3 *termocouple* yang terletak secara bertingkat di reaktor.



**Gambar 2. Grafik Kenaikan Temperatur V2a**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan komposisi dan kadar air mempengaruhi kenaikan tempertur. Semakin tinggi kandungan organik dan semakin rendah kadar air yang dimiliki bahan bakar kenaikan temperatur yang dihasilkan cenderung lebih tinggi.

## 3. Energi yang dihasillkan

Agar dapat mengetahui energi yang dapat dihasillkan dari suatu bahan bakar RDF pada menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_{in} = \left( \text{massa bb awal}_{(kg)} LHV_b \left( \frac{MJ}{kg} \right) \right)$$

$$Q_{out} = \left( \text{volume gas buang}_{(m^3)} \times LHV_g \left( \frac{MJ}{m^3} \right) \right)$$

Bahan bakar RDF 95% + Plastik 5% dengan kadar air 20%:

$$P = \left( \text{massa bb awal}_{(kg)} LHV_b \left( \frac{MJ}{kg} \right) \right) - \left( \text{volume gas buang}_{(m^3)} \times LHV_g \left( \frac{MJ}{m^3} \right) \right)$$

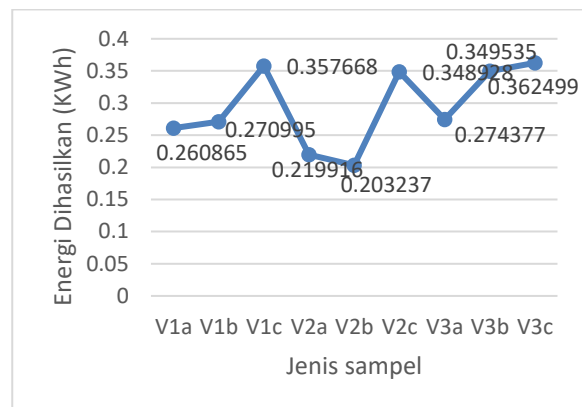
$$P = 0,1kg \times 13,2807 \left( \frac{MJ}{kg} \right) - 1,2348m^3 \times 0,315 \left( \frac{MJ}{m^3} \right)$$

$$P = 0,93911 MJ$$

Melalui perhitungan yang telah dilakukan untuk nilai energi terbesar yang didapat pada variasi V3C dengan komposisi 90% organik, dan 10% plastik, kadar air 10% dengan nilai energi sebesar 1,304996 MJ atau setara dengan 0,362499 KWh. Semakin tinggi kandungan organik yang dimiliki dan semakin rendah kandungan air yang terdapat didalam bahan bakar semakin tinggi juga energi yang akan dihasilkan dari bahan bakar RDF MSW.

Berdasarkan perhitungan yang serupa, serta sesuai dengan data pada tabel 4.7 maka diperoleh grafik dibawah ini dengan nilai energi yang dihasilkan berturut dari V1a sampai V3c adalah 0,260865 KWh, 0,270995 KWh, 0,357668 KWh, 0,219916 KWh,

0,203237 KWh, 0,348928 KWh, 0,274377 KWh, 0,349535 KWh, 0,362499 KWh.



**Gambar 3. Grafik Data Energi yang Dihasilkan**

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terhadap pengaruh komposisi dan kadar air terhadap karakteristik RDF MSW dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi kandungan organik yang terdapat didalam bahan bakar RDF, semakin tinggi pula, kadar abu yang dihasilkan. Kadar abu yang tertinggi dihasilkan pada sampel V1a dengan komposisi 95% organik, dan 5% plastik dengan massa abu sebesar 18,5 gram.
2. Bahan bakar yang memiliki kandungan organik yang tinggi dan kandungan air yang rendah akan cenderung menghasilkan temperatur yang lebih tinggi dibanding dengan kadar air yang tinggi. Pada penelitian ini sampel V1c dengan komposisi 95% organik, 5% plastik, dan 10% kandungan air menghasilkan temperatur tertinggi mencapai 960°C.
3. RDF MSW dengan kandungan organik yang tinggi dan kandungan air yang rendah akan menghasilkan energi yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air yang tinggi. Sampel V3c pada penelitian ini menghasilkan energi yang paling tinggi dengan komposisi 90% organik, 5% plastik, dan kandungan air 10% menghasilkan energi sebesar 1,304996 MJ atau setara dengan 0,362499 KWh.

## Daftar Pustaka

- [1] Hoornweg, Daniel; Bhada-Tata, Perinaz. 2012. *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series;knowledge papers no. 15*
- [2] Thomas, R.A. Et Al. (2019) *Potential Leachate Pollution Toward Groundwater And Leachate Treatment At Banyuroto*

*Landfill In Kulon Progo Regency, Jurnal Science Tech.*

- [3] García RGonzález-Vázquez MRubiera FPevida CGil M., 2021. *Co-Pelletization of Pine Sawdust and Refused Derived Fuel (RDF) to High-Quality Waste-Derived Pellets*
- [4] Safira, A.P., Rosariawari, F. And Kunci, K. (2022) *Potensi Pemanfaatan Refuse Derived Fuel (RDF) Sampah Domestik Di Tpst Desa Taman, Sidoarjo Sebagai Briket*
- [5] Fadila Rania, M., Gede Eka Lesmana, I. And Maulana, E. (2019) ‘*Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Incenerator Pirolisis*’, Jurnal Mesin Teknologi (Sintek Jurnal, 13
- [6] Asri, S., Indrawati, R.T. And Artikel, R. (2018) ‘*Pengaruh Bentuk Briket Terhadap Efektivitas Laju Pembakaran*’, Pp. 338–341.
- [7] *Indonesia Domestic Solid Waste Statistic Year 2008*
- [8] Sarwono, A. Et Al. (2021) ‘*Refuse Derived Fuel For Energy Recovery By Thermal Processes. A Case Study In Depok City, Indonesia*’, *Journal Of Advanced Research In Fluid Mechanics And Thermal Sciences*, 88(1), Pp. 12–23
- [9] Edo, M. Et Al. (2016) ‘*The Combined Effect Of Plastics And Food Waste Accelerates The Thermal Decomposition Of Refuse-Derived Fuels And Fuel Blends*’, *Fuel*, 180, Pp. 424–432.

|  |                                                                                                 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 2000, dan S3 di Niigata University pada tahun 2008. Beliau berfokus pada bidang konversi energi |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>I Wayan Arya Darma, S.T., M.T.</b> Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Udayana pada tahun 2013, dilanjutkan dengan pendidikan S2 Universitas Udayana pada tahun 2018. Beliau befokus pada bidang konversi energi. |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>I Gusti Ngurah Putu Tenaya, S.T., M.T.</b> Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994, dilanjutkan dengan S2 di Universitas Brawijaya pada tahun 2007. Beliau berfokus pada bidang konversi energi. |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                 |                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              | <b>Wilton Argandi Simbolon</b> menyelesaikan program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2025 |
| Judul tugas akhir pengaruh komposisi dan kadar air sampah terhadap karakteristik <i>Refude Derived Fuel (RDF) Municipal Solid Waste (MSW)</i> . |                                                                                                                          |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Prof I Nyoman Suprpta Winaya, S.T., MA.sc., Ph.D.</b> Menyelesaikan pendidikan S1 di universitas Udayana pada tahun 1994, dilanjutkan dengan S2 di Dalhousie University pada tahun |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|