

UJI KARAKTERISTIK PELET *REFUSE DERIVED FUEL* (RDF) HASIL PROSES PENGOLAHAN SAMPAH MENGGUNAKAN *PELLETIZER*

Rany Puspita Dewi¹, Trisma Jaya Saputra², Nurmala Dyah Fajarningrum³, Hidayat Agung⁴, Irfan Maulana⁵

^{1,2,4,5} Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

³ Program Studi Sarjana Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jalan Kapten Suparman 39, Magelang 56116

ranypuspita@untidar.ac.id¹

Abstrak

Sampah perkotaan atau *Municipal Solid Waste* dapat diolah menjadi bahan bakar padat berupa pellet *Refuse Derived Fuel* (RDF) dan dimanfaatkan sebagai substitusi bahan bakar minyak. Salah satunya melalui metode Teknologi Olah Sampah di Sumbernya (TOSS). Limbah padat pada umumnya memiliki kadar abu yang rendah berkisar antara 20-40%. RDF adalah limbah atau sampah yang mudah terbakar melalui proses penghancuran dan penyarigan dengan mengubahnya menjadi bahan bakar padat. Pellet RDF dapat dibuat dengan cara penekanan menggunakan mesin pellet atau pelletizer. Tujuan dari penelitian ini adalah uji karakterisasi kinerja *pelletizer* dalam mengolah sampah perkotaan menjadi pelet RDF. Karakterisasi yang diuji meliputi analisis kadar karbon terikat, kadar *volatile*, dan kadar abu. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan komposisi sampah organik dan sampah anorganik yaitu 1 sampel A (70% komponen organik + 30% komponen anorganik), sampel B (60% komponen organik + 40% komponen anorganik), sampel C (50% komponen organik + 50% komponen anorganik), sampel D (40% komponen organik + 60% komponen anorganik), dan sampel E (30% komponen organik + 70% komponen anorganik). Hasil penelitian menghasilkan kadar karbon terikat tertinggi pada sampel E dengan nilai 18,8431%. Kadar *volatile* terendah dihasilkan pada sampel E dengan nilai 52,8445%, dan kadar abu terendah dihasilkan pada sampel A dengan nilai 4,5466%..

Kata kunci : RDF, sampah, karbon terikat, *volatile*, kadar abu.

Abstract

Municipal solid waste can be processed into solid fuel in the form of Refuse Derived Fuel (RDF) pellets and used as a fuel substitute. One of them is through the Waste Processing Technology at the Source (TOSS) method. Solid waste generally has a low ash content ranging from 20-40%. RDF is combustible waste or rubbish that goes through a crushing and filtering process by turning it into solid fuel. RDF pellets can be made by pressing using a pellet machine or pelletizer. The aim of this research is to test the characterization of pelletizer performance in processing urban waste into RDF pellets. The characterization tested includes analysis of bound carbon content, volatile content and ash content. The research was carried out by varying the composition of organic waste and inorganic waste, namely 1 sample A (70% organic components + 30% inorganic components), sample B (60% organic components + 40% inorganic components), sample C (50% organic components + 50% inorganic components, sample D (40% organic components + 60% inorganic components), and sample E (30% organic components + 70% inorganic components). The lowest volatile was produced in sample E with a value of 52.8445%, and the lowest ash content was produced in sample A with a value of 4.5466%.

Key words : RDF, waste, fixed carbon, volatile, ash content.

PENDAHULUAN

Pengujian Peningkatan penduduk khususnya di daerah perkotaan menyebabkan bertambahnya timbunan sampah yang dihasilkan. Sampah perkotaan (*Municipal Solid Waste*) terdiri dari 3 komponen utama yaitu mudah terbakar, tidak mudah terbakar, dan bahan yang mudah menguap [1]. Hal ini secara otomatis juga akan menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi. Pemanfaatan sampah menjadi bahan bakar dalam bentuk pelet *Refuse Derived Fuel* (RDF) mampu menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan sampah perkotaan [2] melalui konsep *Waste to Energy* (WTE) [3]. RDF merupakan bahan bakar padat yang diproses melalui penekanan dengan bahan baku sampah organik dan sampah anorganik. RDF merupakan hasil pemilahan limbah padat pada fraksi sampah yang mudah terbakar dan tidak mudah terbakar [4]. RDF mayoritas terdiri dari kertas, plastik, kain, kayu, dan bahan organik. Data yang dipublikasikan dari fasilitas penyortiran menunjukkan bahwa RDF tipikal memiliki empat fraksi massa utama yaitu 15%–35% plastik, 20–50% kertas dan karton, 2–10% kayu, 5–20% organik, dan sekitar 5–10% non -kayu bakar [5]. Komposisi RDF yang ideal memiliki kandungan plastik, kertas/kardus, kain polimer, kayu, dan bahan organik lain [6].

Secara umum proses pembuatan RDF terdiri dari beberapa tahapan yaitu persiapan bahan baku, pemilahan sampah, analisis komposisi, dan pembuatan RDF. Dalam proses pembuatan RDF akan lebih mudah dilakukan dengan adanya mesin *pelletizer*. Mesin *pelletizer* dapat membantu proses lebih cepat dengan kapasitas yang lebih besar. Mesin pelet serbuk kayu pernah dibuat dengan dimensi 560 x 360 x 130 cm, motor listrik 1 fasa dengan daya sebesar 1 hp dan mampu menghasilkan pelet kayu sebanyak 50 kg/jam dengan panjang pelet 30 mm [7]. Mesin pelet kayu dibuat dengan ukuran lubang cetakan berdiameter 15 mm dan panjang 110 mm. Hasil pengujian menunjukkan pelet terbaik diperoleh pada bahan baku dengan ukuran 80 *mesh* dengan nilai kalor 4961,51 kal/g, kadar air 0,98%, kadar abu 0,93%, dan zat terbang 80,63% [8].

Mesin pelet juga telah dirancang dengan kapasitas 900 kg/jam untuk memproduksi pelet serbuk gergaji. Mesin yang dirancang memiliki 4 roller dengan empat lengan terpasang pada poros yang terpisah masing-masing 90° dengan diameter cetakan 500 mm. Pelet yang dihasilkan mesin ini memiliki diameter 8 mm dan panjang 32 mm. Daya yang dibutuhkan mesin adalah sebesar 24576 Watt dengan kekuatan yang dibutuhkan untuk pelet sekitar 1536 Newton [9]. Peralatan lain berupa *screw pyroliser* yang berkapasitas 6 kg/jam juga

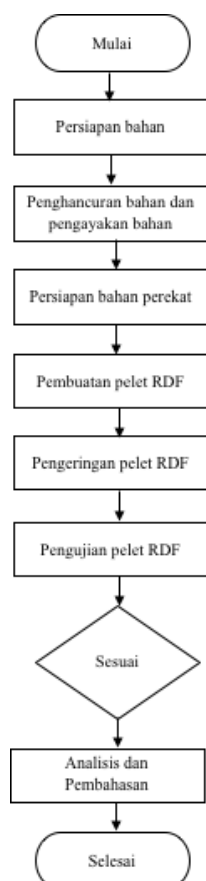
dibuat untuk mengolah sampah organik menjadi pelet RDF. Pelet RDF yang dihasilkan pada temperatur 450°C memiliki kandungan air 1,77%, kadar abu 9,66%, *volatile matter* 66,387%, karbon tetap 22,17%, dan nilai kalor 6860 kal/gram [10]. Pelet RDF juga dihasilkan dengan memanfaatkan sampah dari TPA di Cilegon. Pelet RDF yang paling optimal dihasilkan dari komposisi 85% sampah organik : 15% limbah plastik LDPE dan dengan penambahan 10% perekat. Karakteristik RDF yang dihasilkan memiliki kadar abu 14,681%, kadar air 11,215%, *volatile matter* 54,4655, *fixed carbon* 19,469%, nilai kalor 4598,017%, berat jenis 0,706 g/cm³, dan kuat tekan 6,69 kg/cm² [11]. Pelet RDF dari sampah perkotaan juga diproduksi di Bali dan menghasilkan pelet RDF dengan nilai kalor dalam rentang 3904-4945 kkal/kg [12]. Pelet biomassa juga dibuat dari bahan kayu dengan ukuran 20 *mesh* dengan campuran bahan perekat anorganik dan air sebanyak 10% dari bahan baku dengan mesin pelet dengan kecepatan putaran 1660 rpm [13].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dan penelitian yang telah dilakukan, dilakukan penelitian tentang uji karakteristik *pelletizer* yang dilengkapi dengan 4 *roller* dalam proses pembuatan RDF. Penelitian ditujukan untuk memastikan pelet RDF yang dihasilkan memiliki ukuran yang seragam dikarenakan distribusi tekanan pada cetakan (*die*) yang sama. Pengujian juga dilakukan terhadap karakteristik pelet RDF dari beberapa variasi komposisi terhadap kadar karbon terikat, kadar *volatile*, dan kadar abu untuk memastikan bahwa pelet RDF layak untuk mensubstitusi penggunaan bahan bakar fosil.

METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilakukan dengan memvariasikan komposisi sampah organik dan sampah anorganik yaitu: sampel A (70% sampah organik + 30% sampah anorganik); sampel B (60% sampah organik + 40% sampah anorganik); sampel C (50% sampah organik + 50% sampah anorganik); sampel D (40% sampah organik + 60% sampah anorganik), dan sampel E (30% sampah organik + 70% sampah anorganik).

Pembuatan pelet RDF dengan memanfaatkan sampah dimulai dari persiapan bahan hingga pengujian dan analisis terdiri dari beberapa tahapan proses. Diagram alir penelitian pembuatan pelet RDF ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Rincian proses yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

a. Persiapan bahan

Pengambilan sampel dilakukan di lingkungan Universitas Tidar. Sampel sampah baik komponen sampah organik maupun komponen sampah anorganik yang telah diperoleh dibersihkan dan dipisahkan dari komponen yang tidak diperlukan. Masing-masing komponen sampah disiapkan sekitar 5 kg.

b. Penghancuran bahan dan pengayakan bahan

Penghancuran bahan dilakukan untuk mengurangi ukuran partikel dari bahan. Bahan yang telah dihancurkan kemudian diayak untuk memperoleh ukuran yang direncanakan yaitu 50 mesh.

c. Persiapan bahan perekat

Bahan perekat diperoleh dengan mencampurkan tepung tapioka dengan 0,16 liter dari air mendidih untuk memperoleh campuran yang homogen.

d. Pembuatan pelet RDF

Pembuatan pelet RDF dilakukan dengan mencampurkan bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan ditambahkan dengan 15% bahan perekat. Pelet RDF yang dihasilkan berdiameter 10 mm dengan tinggi 30 mm.

e. Pengeringan pelet RDF

Pengeringan pelet RDF dilakukan dengan bantuan sinar matahari selama 2 hari dari jam 10.00-14.00, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan dengan menggunakan oven pada temperatur 100°C selama 10 menit.

f. Pengujian pelet RDF

Pengujian dilakukan terhadap karakteristik pelet RDF yang meliputi kadar karbon terikat, kadar *volatile*, dan kadar abu. Pengujian terhadap ketiga karakteristik dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing sampel. Rincian masing-masing pengujian dijelaskan sebagai berikut:

1) Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dapat dihitung dengan mempertimbangkan nilai kadar *volatile* dan kadar abu. Kadar karbon terikat dapat dihitung dengan persamaan (1):

$$FC (\%) = 100 - (VM + AC + MC) \quad (1)$$

• VM : kadar *volatile* (%)

• AC: kadar abu (%)

• MC: kadar air (%)

2) Kadar *volatile*

Pengujian kadar *volatile* dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

a) Mempersiapkan sampel RDF yang akan diuji.

b) Mempersiapkan cawan yang telah dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 60 menit.

c) Menimbang cawan kosong dengan menggunakan neraca digital.

d) Menimbang sampel diatas cawan dengan menggunakan neraca digital.

e) Mengeringkan sampel uji dengan oven pada pada temperatur 105°C selama 120 menit.

f) Mendinginkan sampel uji dalam desikator selama 15 menit.

g) Menimbang bobot sampel uji dengan menggunakan neraca digital hingga mencapai berat konstan.

h) Kadar *volatile* (%) dihitung dengan persamaan (2):

$$W_L (\%) = \frac{w_i - w_h}{w_i} \times 100$$

$$VM (\%) = W_L - MC \quad (2)$$

• W_L : persentase kehilangan bobot (%)

• W_i : bobot awal sampel (gr)

• W_h : bobot akhir sampel setelah dipanaskan (gr)

• MC : kadar air (%)

3) Kadar abu

Pengujian kadar *volatile* dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

a) Mempersiapkan cawan uji.

b) Memanaskan cawan uji dengan menggunakan tanur.

- c) Mendinginkan cawan dalam desikator.
- d) Menimbang cawan uji yang telah dingin.
- e) Menimbang sebanyak 3-5 gr sampel uji dalam cawan.
- f) Memanaskan cawan dalam tanur untuk proses pengabuan hingga mendapatkan bobot yang konstan. Proses pengabuan dilakukan pada 2 temperatur yaitu tahap pertama mencapai 400°C dan tahap kedua mencapai 550°C.
- g) Mendinginkan cawan dalam desikator.
- h) Menimbang cawan yang telah didinginkan.
- i) Kadar abu (%) dihitung dengan persamaan (3):

$$\text{Kadar abu}(\%) = \frac{w_o}{w_{ds}} \times 100 \quad (3)$$

- W_o : berat sampel setelah pengabuan (gr)
- W_{ds} : berat sampel sebelum pengabuan (gr)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk pelet RDF yang dihasilkan dengan menggunakan *pelletizer* dan dengan memvariasikan komponen organik dan komponen anorganik ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Pelet RDF, sampel A (a), sampel B (b), sampel C (c), sampel D (d), dan sampel E (e).

1. Kadar karbon terikat

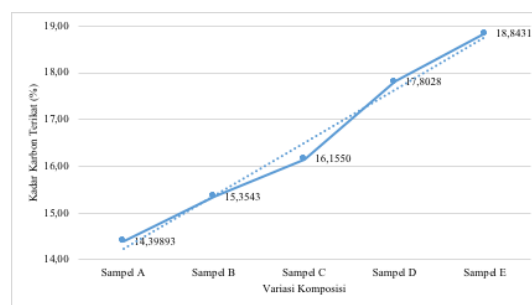
Pengujian terhadap kadar karbon terikat pelet RDF untuk masing-masing variasi komposisi dilakukan sebanyak tiga kali perulangan yang ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1 Hasil pengujian kadar karbon terikat

Sampel	Uji	Karbon terikat (%)	Rata-rata (%)
1	1	14,3418	

Sampel	Uji	Karbon terikat (%)	Rata-rata (%)
A	2	14,3984	14,3989
	3	14,4566	
	1	15,3923	
B	2	15,3543	15,3543
	3	15,3162	
	1	16,2512	
C	2	16,1546	16,1550
	3	16,0591	
	1	17,8287	
D	2	17,7756	17,8028
	3	17,8042	
	1	18,8492	
E	2	18,8177	18,8431
	3	18,8623	

Karbon terikat (*Fixed Carbon*) adalah karbon yang tersisa setelah bahan-bahan mudah menguap (*volatile matter*) dilepaskan dari proses pembakaran [14]. Kadar karbon terikat merupakan parameter yang paling menentukan dalam menentukan potensi energi. Pengujian kadar karbon terikat dilakukan untuk menentukan kandungan karbon yang tidak mudah menguap pada pelet RDF [15]. Pada umumnya kadar karbon terikat yang tinggi menunjukkan adanya nilai kalor yang tinggi [16]. Kadar karbon terikat tertinggi diperoleh pada sampel E dengan 30% komponen organik dan 70% komponen anorganik, yaitu 18,8431%. Kadar karbon terikat terendah diperoleh pada sampel A dengan 70% komponen organik dan 30% komponen anorganik, yaitu 14,3989%. Dari hasil pengujian, pelet RDF memiliki kadar karbon terikat yang memenuhi kualitas standar mutu SNI 8951-2000.



Gambar 3 Grafik hubungan komposisi bahan terhadap kadar karbon terikat pelet RDF

2. Kadar *volatile*

Pengujian terhadap kadar karbon *volatile* pelet RDF untuk masing-masing variasi komposisi dilakukan sebanyak tiga kali perulangan yang ditunjukkan pada tabel 2 dan gambar 4.

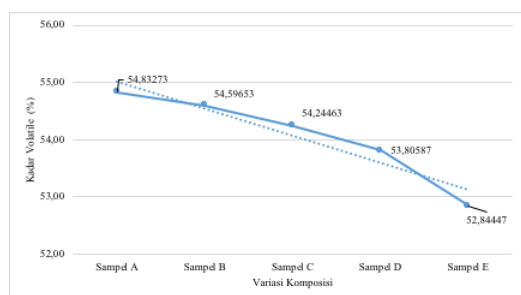
Tabel 2 Hasil pengujian kadar *volatile*

Sampel	Uji	Karbon <i>volatile</i> (%)	Rata-rata (%)
--------	-----	----------------------------	---------------

Sampel	Uji	Karbon volatile (%)	Rata-rata (%)
A	1	54,8134	54,8327
	2	54,9310	
	3	54,7538	
B	1	54,6177	54,5965
	2	54,5276	
	3	54,6443	
C	1	54,1376	54,2446
	2	54,2121	
	3	54,3842	
D	1	53,9841	53,8059
	2	53,8232	
	3	53,6103	
E	1	52,7778	52,8445
	2	52,9064	
	3	52,8492	

Sampel	Uji	Karbon abu (%)	Rata-rata (%)
A	1	4,6169	4,5466
	2	4,5365	
	3	4,4865	
B	1	4,6673	4,7116
	2	4,7244	
	3	4,7431	
C	1	4,7856	4,8560
	2	4,8563	
	3	4,9261	
D	1	4,9801	5,0627
	2	5,0645	
	3	5,1434	
E	1	5,2579	5,2559
	2	5,3202	
	3	5,1896	

Kadar *volatile* berpengaruh secara langsung terhadap kestabilan fisik dan kinerja bahan bakar selama proses termal. Pengujian kadar *volatile* dilakukan salah satunya untuk melihat kemampuan penyalan awal dari pelet RDF [15]. Semakin tinggi kadar *volatile* maka semakin cepat bahan bakar tersebut terbakar [16]. Kadar *volatile* terendah diperoleh pada sampel E dengan 30% komponen organik dan 70% komponen anorganik, yaitu 52,8445%. Kadar karbon terikat tertinggi diperoleh pada sampel A dengan 70% komponen organik dan 30% komponen anorganik, yaitu 54,8327%. Dari hasil pengujian, pelet RDF memiliki kadar *volatile* yang memenuhi kualitas standar mutu SNI 8951-2000. Nilai kadar zat terbang dipengaruhi oleh kandungan organik dan anorganik bahan baku. Pada saat pengujian, zat organik dan anorganik akan terlepas dari bahan sebagai zat terbang.



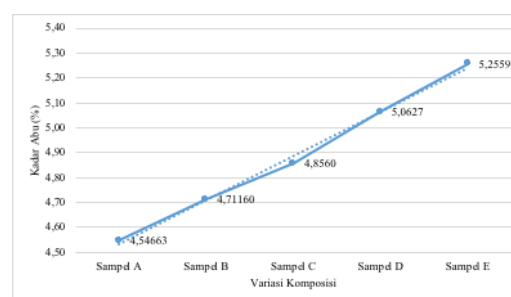
Gambar 4. Grafik hubungan komposisi bahan terhadap kadar *volatile* pelet RDF

3. Kadar abu

Pengujian terhadap kadar karbon abu pelet RDF untuk masing-masing variasi komposisi dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan yang ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 5.

Tabel 3 Hasil pengujian kadar abu

Kadar abu merupakan sisa anorganik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik makanan [17]. Kadar abu memiliki dampak terhadap jumlah pemanasan, karakteristik pembakaran, dan desain peralatan. Semakin tinggi kadar abu, maka semakin rendah nilai kalor bahan bakar tersebut [16]. Kadar abu terendah diperoleh pada sampel A dengan 70% komponen organik dan 30% komponen anorganik, yaitu 4,5466%. Kadar karbon terikat tertinggi diperoleh pada sampel A dengan 30% komponen organik dan 70% komponen anorganik, yaitu 5,2559%. Kenaikan persentase kadar abu pada pelet RDF disebabkan oleh turunnya kandungan organik yang dapat terbakar [18]. Dari hasil pengujian, pelet RDF memiliki kadar abu yang memenuhi kualitas standar mutu SNI 8951-2000.



Gambar 5. Grafik hubungan komposisi bahan terhadap kadar abu pelet RDF

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi pelet RDF yang meliputi kadar *volatile*, kadar karbon terikat, dan kadar abu telah memenuhi standar mutu SNI 8951-2000 tentang pelet biomassa untuk pembangkit listrik dengan kualitas utilitas. Hasil ini menunjukkan bahwa pelet RDF berpotensi untuk mensubstitusi penggunaan bahan bakar fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Rezaei, F. Yazdan Panah, C. J. Lim, and S. Sokhansanj, "Pelletization of Refuse-Derived Fuel with Varying Compositions of Plastic, Paper, Organic and Wood," *Sustainability*, vol. 12, no. 11, pp. 1–11, Jun. 2020, doi: 10.3390/su12114645.
- [2] M. Chaerul and A. K. Wardhani, "Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah Perkotaan dengan Proses Biodrying: Review," *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 17, no. 1, pp. 62–74, 2020.
- [3] L. A. Sembiring *et al.*, "Potensi Material Sampah Combustible pada Zona II TPA Jatibarang Semarang sebagai Bahan Baku RDF (Refuse Derived Fuel)," *jtm*, vol. 7, no. 1, pp. 19–23, Mar. 2018, doi: 10.22441/jtm.v7i1.2240.
- [4] M. F. Rania, I. G. E. Lesmana, and E. Maulana, "Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Incinerator Pirolisis," *sintek. jurnal. ilm. teknik. mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 51–59, Jun. 2019, doi: 10.24853/sintek.13.1.51-59.
- [5] H. Rezaei, F. Yazdanpanah, C. J. Lim, and S. Sokhansanj, "Pelletization properties of refuse-derived fuel - Effects of particle size and moisture content," *Fuel Processing Technology*, vol. 205, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.fuproc.2020.106437.
- [6] I. Brás, M. E. Silva, G. Lobo, A. Cordeiro, M. Faria, and L. T. De Lemos, "Refuse Derived Fuel from Municipal Solid Waste rejected fractions- a Case Study," *Energy Procedia*, vol. 120, pp. 349–356, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.227.
- [7] F. A. Rabbani, T. Sukarnoto, and I. J. M. Afiff, "Rancang Bangun Mesin Pelet Serbuk Kayu Kapasitas 50 kg/jam," in *Semrestek 2022*, pp. 1–10.
- [8] D. Hendra, "Rekayasa Pembuatan Mesin Pelet Kayu dan Pengujian Hasilnya," *j.penelit.has.kehutan*, vol. 30, no. 2, pp. 144–154, Jun. 2012, doi: 10.20886/jphh.2012.30.2.144-154.
- [9] T. Mushiri, P. Mugodo, and C. Mbohwa, "Design of a sawdust pelleting machine," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Rabat, Morocco, 2017, pp. 1763–1776.
- [10] D. A. Himawanto, "Karakteristik RDF Dari Sampah Kota Terseleksi Yang Dihasilkan Oleh Pyroliser Ulir," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, pp. 188–199, 2021.
- [11] E. Suhendi, H. Heriyanto, P. Jundika, and N. Rizkiantika, "Characteristics of Refuse-Derived Fuel (RDF) at The Waste Processing Facility (WPF) of The Faculty of Engineering, Untirta," *World Chemical Engineering Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 6–10, 2023.
- [12] I. W. K. Suryawan, I. M. W. Wijaya, N. K. Sari, I. Y. Septiariva, and N. L. Zahra, "Potential of Energy Municipal Solid Waste (MSW) to Become Refuse Derived Fuel (RDF) in Bali Province, Indonesia," *JBAT*, vol. 10, no. 1, pp. 09–15, Sep. 2021, doi: 10.15294/jbat.v10i1.29804.
- [13] A. Firdhaus and B. Yunianto, "Analisis Karakteristik Pelet Biomassa Berbahan Dasar Kayu Dengan Campuran Zat Perikat Organik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 187–190, 2023.
- [14] I. N. Sukarta and P. S. Ayuni, "Analisis Proksimat dan Nilai Kalor Pada Pellet Biosolid Yang Dikombinasikan Dengan Biomassa Limbah Bambu," *j. sains. teknologi.*, vol. 5, no. 1, Aug. 2016, doi: 10.23887/jst-undiksha.v5i1.8278.
- [15] R. Hidayarizka, A. Wulandari, I. K. Ariani, and R. Yorika, "Analisis Variasi Ukuran Partikel Biomassa Cangkang Kelapa Sawit dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terhadap Karakteristik Refuse Derived-Fuel (RDF)," *sjt*, vol. 8, no. 3, pp. 210–222, Dec. 2024, doi: 10.35718/specta.v8i3.1212.
- [16] S. Nasiri, A. Hajinezhad, M. H. Kianmehr, and S. Tajik, "Enhancing municipal solid waste efficiency through Refuse Derived Fuel pellets: Additive analysis, die retention time, and temperature impact," *Energy Reports*, vol. 10, pp. 941–957, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.07.039.
- [17] I. Y. Septiariva, I. W. K. Suryawan, and M. M. Sari, "Vegetable Waste Biodrying Treatment for Energy Recovery as Refuse Derived Fuel

Potential,” *J. Tek. Kim. Ling*, vol. 6, no. 2, pp. 138–146, Oct. 2022, doi: 10.33795/jtkl.v6i2.316.

- [18] E. M. Maulidayanti, M. Yuliani, M. H. Robbani, W. Wiharja, E. Hambali, and D. Setyaningsih, “Evaluasi Produksi Refuse-Derived Fuel (RDF) dari Sampah Perkotaan (Studi Kasus: RDF Plant di Kabupaten Cilacap),” *Jurtekling*, vol. 25, no. 2, pp. 179–189, Jul. 2024, doi: 10.55981/jtl.2024.1008.