

Kampus Utama

Revisi_Parafrase_Artikel_RDF_Luqman.docx

 PRISTIWANTO

 Kampus 2

 Perpustakaan

Document Details

Submission ID**trn:oid:::1:3663531547****Submission Date****Sep 29, 2026, 8:44 AM GMT+7****Download Date****Sep 29, 2026, 8:55 AM GMT+7****File Name****Revisi_Parafrase_Artikel_RDF_Luqman.docx****File Size****7.2 MB****10 Pages****3,879 Words****25,033 Characters**

20% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 18%  Internet sources
- 18%  Publications
- 20%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 18%  Internet sources
- 18%  Publications
- 20%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Student papers
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo 18%	
2	Student papers
Universitas Islam Indonesia 2%	

Study Of Refuse Derived Fuel (RDF) From Plastic Reject, Reco Reject, Sludge To Be Used As Fuel

[Kajian Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Reject Plastik, Reject Reco, Sludge Untuk Dipakai Sebagai Bahan Bakar]

Muhammad Luqman Hakim Nur Rohmat¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmoni@umsida.ac.id

Abstract *The increasing amount of industrial waste, particularly plastic rejects, recycled material rejects, and sludge, has become a significant waste management issue because some of these materials still contain energy that can potentially be recovered. One alternative for utilizing these wastes is through the production of Refuse Derived Fuel (RDF) as an alternative fuel. This study aims to investigate the potential of plastic rejects, recycled material rejects, and sludge as raw materials for RDF and to evaluate their characteristics as an alternative fuel. The research methodology involved the collection and preparation of raw materials, including sorting, drying, and mixing at predetermined compositions. The resulting RDF was then analyzed based on its fuel characteristics, including moisture content, ash content, calorific value, and other relevant parameters required to evaluate fuel quality. The test results were subsequently analyzed to determine the material composition that produces RDF with the most suitable characteristics for fuel utilization. The results indicate that the utilization of plastic rejects, recycled material rejects, and sludge has the potential to produce RDF with a calorific value suitable for use as an alternative fuel, while its characteristics are influenced by the material composition and moisture content. The utilization of RDF produced from these three waste streams is expected to reduce the amount of waste requiring disposal while increasing its value as an alternative energy source.*

Keywords - Refuse Derived Fuel, RDF, plastic rejects, recycled material rejects, sludge, alternative fuel, industrial waste.

Abstrak Peningkatan jumlah limbah industri, khususnya reject plastik, reject reco, dan sludge, menjadi salah satu permasalahan dalam pengelolaan limbah karena sebagian material tersebut masih memiliki kandungan energi yang berpotensi dimanfaatkan kembali. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan nilai guna limbah tersebut adalah mengolahnya menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) yang berfungsi sebagai bahan bakar pengganti. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi reject plastik, reject reco, dan sludge sebagai bahan baku RDF serta mengetahui karakteristiknya sebagai bahan bakar alternatif. Metode penelitian dilakukan melalui pengumpulan dan persiapan bahan baku, meliputi proses pemilahan, pengeringan, dan pencampuran dengan komposisi tertentu. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik RDF yang meliputi kadar air, kadar abu, nilai kalor, serta parameter lain yang diperlukan untuk mengetahui kualitas bahan bakar. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan komposisi bahan yang menghasilkan karakteristik RDF yang paling sesuai untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan reject plastik, reject reco, dan sludge berpotensi menghasilkan RDF dengan nilai kalor yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, dengan karakteristik yang dipengaruhi oleh komposisi bahan dan kadar air. Pemanfaatan RDF dari ketiga jenis limbah tersebut diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang sekaligus meningkatkan nilai guna limbah sebagai sumber energi alternatif.

Kata Kunci - Refuse Derived Fuel, RDF, reject plastik, reject reco, sludge, bahan bakar alternatif, limbah industri.

I. PENDAHULUAN

Sektor industri pulp dan kertas menghasilkan berbagai material sisa sebagai konsekuensi dari rangkaian proses produksinya. Salah satu tahapan penting dalam proses produksi pulp adalah proses pulping, yaitu proses pemisahan serat dari bahan baku untuk memperoleh serat yang dapat digunakan dalam pembuatan kertas. Pada proses tersebut, tidak seluruh material yang masuk ke dalam sistem produksi dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Sebagian material yang tidak sesuai dengan standar proses akan dipisahkan menjadi material reject atau limbah produksi.

Proses pengolahan bahan baku pada industri pulp dan kertas menghasilkan beberapa jenis material sisa, di antaranya reject plastik, reject reco, dan sludge. Reject plastik merupakan material plastik yang terpisahkan dari proses produksi karena tidak sesuai dengan kebutuhan proses. Selain itu, reject reco berasal dari material yang tidak dapat dikembalikan ke dalam proses produksi, sedangkan sludge merupakan residu berbentuk lumpur yang memiliki kandungan air serta material organik maupun anorganik. Ketiga jenis material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk menentukan metode pemanfaatan yang sesuai.

Selama ini, sebagian besar material reject dan sludge masih dipandang sebagai limbah yang harus dikurangi atau dibuang melalui proses pengelolaan tertentu. Namun, beberapa jenis limbah industri masih memiliki kandungan energi yang dapat dimanfaatkan kembali. Reject plastik memiliki karakteristik mudah terbakar dengan potensi nilai kalor yang cukup tinggi, reject reco masih memiliki fraksi material yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan sludge berpotensi dimanfaatkan apabila karakteristik seperti kadar air dan kadar abu dapat dikendalikan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa limbah hasil proses industri tidak selalu menjadi material akhir yang tidak bernilai, tetapi dapat dikembangkan menjadi sumber energi alternatif. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai guna limbah tersebut adalah Refuse Derived Fuel (RDF). RDF adalah bahan bakar hasil pengolahan material limbah melalui beberapa tahapan, seperti pemisahan material, pengurangan kadar air, homogenisasi, serta penyesuaian sifat bahan agar sesuai untuk proses pembakaran. Pemanfaatan limbah menjadi RDF dapat menjadi salah satu solusi dalam mengurangi jumlah limbah yang harus dibuang sekaligus meningkatkan pemanfaatan kembali material sisa industri sebagai sumber energi alternatif.

Kualitas RDF yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan penyusunnya. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam kajian RDF meliputi nilai kalor, kadar air, kadar abu, kandungan zat menguap, serta karbon terikat. Kadar air yang tinggi dapat menurunkan efektivitas pembakaran karena sebagian energi digunakan untuk proses penguapan air, sedangkan nilai kalor yang tinggi menunjukkan potensi energi yang lebih besar dari bahan bakar tersebut. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap karakteristik masing-masing material penyusun maupun campurannya untuk memperoleh komposisi RDF yang memiliki kualitas optimal. Berdasarkan kondisi tersebut, reject plastik, reject reco, dan sludge yang berasal dari proses industri memiliki potensi untuk dikaji sebagai bahan baku pembuatan RDF. Penggabungan ketiga material tersebut diharapkan mampu menghasilkan bahan bakar alternatif dengan karakteristik pembakaran yang sesuai serta memberikan nilai tambah terhadap limbah industri. Kajian mengenai pembuatan dan karakteristik RDF diperlukan untuk mengetahui potensi energi yang dihasilkan serta menentukan kelayakan penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif pada sektor industri.



Gambar 1. RDF Pelet

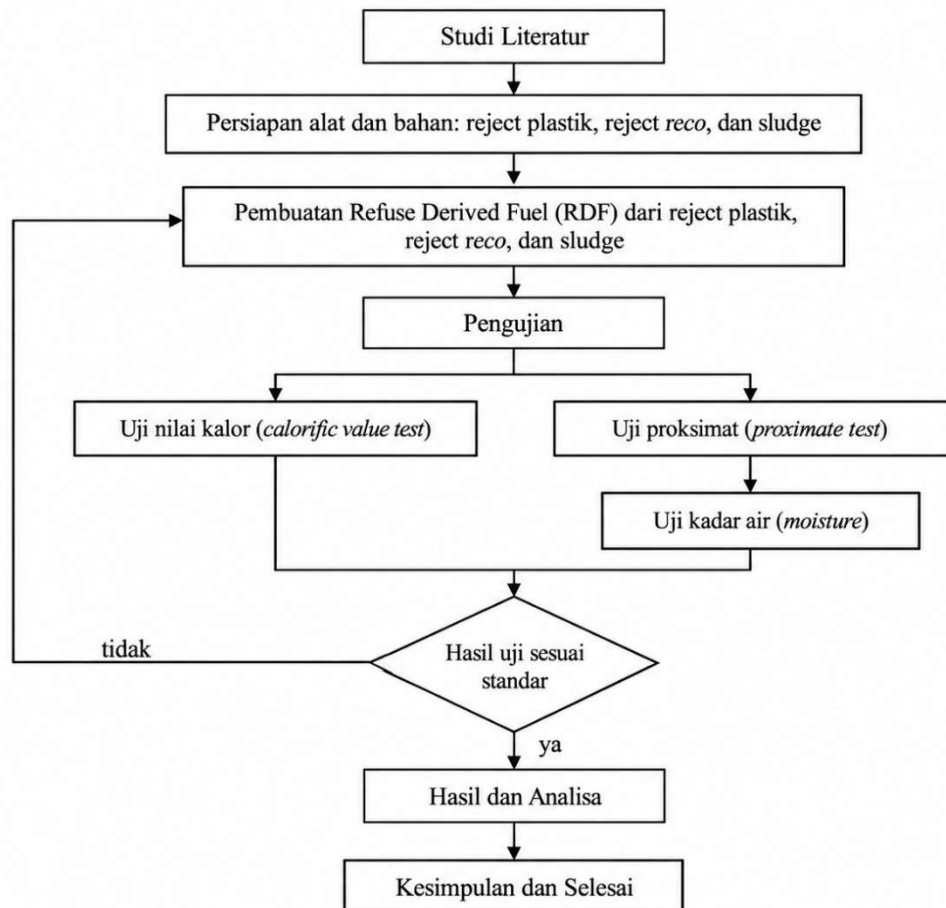
II. METODE

A. Diagram Alir (Flow Chart)

Alur kegiatan penelitian ditampilkan dalam Diagram Alir (Flow Chart) dengan tahapan penelitian yang meliputi studi literatur, persiapan bahan baku, proses pembuatan RDF, pengujian karakteristik RDF, analisis hasil pengujian, dan penarikan kesimpulan.

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai teknologi Refuse Derived Fuel (RDF), karakteristik bahan bakar alternatif, serta parameter pengujian kualitas bahan bakar.
2. Persiapan bahan baku berupa reject plastik, reject reco, dan sludge yang berasal dari proses industri.
3. Proses pengolahan bahan baku RDF melalui tahapan pemilahan, pengurangan kadar air, pencacahan, dan pencampuran material sesuai variasi komposisi yang ditentukan.
4. Pengujian karakteristik RDF yang meliputi pengujian nilai kalor (*calorific value*), pengujian proksimat berupa kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), kadar zat menguap (*volatile matter*), dan karbon terikat (*fixed carbon*).
5. Analisis data hasil pengujian untuk mengetahui karakteristik dan potensi RDF sebagai bahan bakar alternatif.
6. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir (Flow Chart) Penelitian

B. Tahapan Pembuatan Refuse Derived Fuel (RDF)

Tahapan pembuatan RDF dilakukan secara sistematis dengan mempertimbangkan karakteristik masing-masing bahan penyusun, yaitu reject plastik, reject reco, dan sludge. Proses pembuatan RDF bertujuan untuk mengubah material limbah industri menjadi bahan bakar alternatif yang memiliki karakteristik pembakaran sesuai kebutuhan.

1. Persiapan Bahan Baku

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mempersiapkan bahan baku RDF berupa reject plastik, reject reco, dan sludge. Setiap material dilakukan identifikasi karakteristik awal untuk mengetahui kondisi

4 | Page

fisik bahan sebelum dilakukan proses pengolahan. Karakteristik bahan yang diamati meliputi bentuk material, kandungan air, serta potensi pemanfaatannya sebagai bahan bakar.

Reject plastik dan reject reco memiliki potensi sebagai penyumbang nilai kalor karena mengandung material yang mudah terbakar, sedangkan sludge digunakan sebagai material campuran yang perlu dikontrol terutama pada aspek kadar air dan kadar abu.

2. Proses Pengolahan Material RDF

Setelah bahan baku dipersiapkan, dilakukan proses pengolahan material menjadi RDF. Tahapan pengolahan meliputi:

- **Pemilahan Material**
Material reject plastik, reject reco, dan sludge dipisahkan dari pengotor yang tidak diperlukan agar diperoleh bahan baku yang sesuai untuk proses pembuatan RDF. Pengurangan
- **Ukuran (Size Reduction)**
Material dilakukan proses pencacahan untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam sehingga proses pencampuran dan pembakaran dapat berlangsung lebih optimal.
- **Pengeringan Material**
Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air pada bahan, terutama sludge yang memiliki kandungan air relatif tinggi. Pengurangan kadar air bertujuan meningkatkan kualitas pembakaran RDF.
- **Pencampuran Material**
Material yang telah diproses kemudian dicampurkan berdasarkan variasi komposisi yang telah ditentukan. Pencampuran dilakukan untuk memperoleh karakteristik RDF yang memiliki keseimbangan antara nilai kalor, kadar air, dan kadar abu.



Gambar 3. Alur Proses Pengolahan Material RDF

C. Pengujian Karakteristik RDF

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas RDF yang dihasilkan berdasarkan parameter karakteristik bahan bakar.

1. Pengujian Nilai Kalor (Calorific Value Test)

Pengujian nilai kalor dilakukan untuk mengetahui jumlah energi panas yang dapat dihasilkan dari pembakaran RDF. Nilai kalor menjadi parameter utama dalam menentukan kelayakan RDF sebagai bahan bakar alternatif.

2. Pengujian Proksimat (Proximate Analysis)

Pengujian proksimat dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran RDF melalui beberapa parameter, yaitu:

- Kadar air (Moisture Content)

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan air dalam RDF. Kandungan air yang tinggi dapat menurunkan efisiensi pembakaran karena energi panas digunakan terlebih dahulu untuk menguapkan air.

3. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan karakteristik RDF dari masing-masing variasi komposisi bahan. Analisis dilakukan untuk mengetahui hubungan antara komposisi reject plastik, reject reco, dan sludge terhadap nilai kalor serta karakteristik pembakaran RDF.

Hasil analisis digunakan untuk menentukan potensi RDF yang dihasilkan sebagai bahan bakar alternatif serta mengetahui komposisi yang memiliki karakteristik paling sesuai untuk digunakan pada proses pembakaran industri.

Metode ini sudah dibuat mengikuti gaya artikel pada file pertama, tetapi disesuaikan dengan penelitian RDF pada file kedua. Pada file kedua sendiri parameter utama penelitian memang mencakup pembuatan RDF, uji nilai kalor, dan uji proksimat (kadar air).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Bahan Baku RDF dari Reject Plastik, Reject Reco, dan Sludge

Penelitian ini menggunakan tiga jenis material limbah industri, yaitu reject plastik, reject reco, dan sludge sebagai bahan penyusun Refuse Derived Fuel (RDF). Ketiga material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diperlukan proses pengolahan awal untuk memperoleh bahan bakar alternatif dengan karakteristik pembakaran yang sesuai. Reject plastik memiliki potensi sebagai sumber energi karena kandungan materialnya yang mudah terbakar dan memiliki nilai kalor relatif tinggi. Sementara itu, reject reco merupakan material sisa proses produksi yang masih memiliki fraksi organik maupun material dengan potensi energi. Sludge memiliki karakteristik berbeda karena mengandung kadar air yang tinggi sehingga diperlukan proses pengeringan sebelum digunakan sebagai bahan bakar.

Proses pengolahan bahan baku dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pemilahan (sorting), pengecilan ukuran (shredding), dan pengeringan (drying). Tahapan pemilahan bertujuan untuk menghilangkan material yang tidak diinginkan dan mempertahankan fraksi dengan nilai kalor tinggi. Selanjutnya, proses pencacahan dilakukan untuk menyeragamkan ukuran material sehingga meningkatkan efektivitas proses pengeringan dan pembakaran. Pengeringan menjadi tahap penting karena kadar air yang tinggi dapat menurunkan efisiensi pembakaran akibat energi panas yang digunakan untuk menguapkan kandungan air.



Gambar 4. Alur Proses Pembuatan Material RDF

Berdasarkan karakteristik masing-masing bahan, kombinasi reject plastik, reject reco, dan sludge memiliki peluang untuk menghasilkan RDF dengan sifat pembakaran yang lebih baik dibandingkan material awal. Reject plastik dan reject reco berperan sebagai komponen dengan kandungan energi lebih tinggi, sedangkan sludge berfungsi sebagai material campuran yang perlu dikendalikan kadar airnya agar tidak menurunkan kualitas RDF.

2. Proses Pembuatan Refuse Derived Fuel (RDF)

Pembuatan RDF dilakukan melalui proses pengolahan limbah menjadi bahan bakar alternatif dengan tujuan meningkatkan nilai guna limbah industri. Tahapan awal berupa pemilahan bahan dilakukan untuk memperoleh komposisi material yang sesuai. Setelah itu dilakukan proses pengecilan ukuran untuk menghasilkan ukuran partikel yang lebih seragam. Ukuran partikel RDF yang dihasilkan dapat memengaruhi luas permukaan pembakaran sehingga berpengaruh terhadap proses pelepasan energi saat pembakaran.

Tahap pengeringan merupakan salah satu faktor utama dalam peningkatan kualitas RDF. Kandungan air yang tinggi pada sludge dapat menyebabkan penurunan nilai kalor karena sebagian energi pembakaran digunakan untuk menghilangkan kandungan air. Oleh karena itu, proses pengeringan diperlukan untuk meningkatkan karakteristik bahan bakar sebelum dilakukan pengujian. Target kadar air RDF yang dirancang dalam penelitian ini adalah kurang dari 20% untuk RDF fluff, 8–12% untuk RDF pellet, dan 15–19% untuk RDF briket.

Hasil akhir proses pengolahan RDF diharapkan menghasilkan material bahan bakar yang memiliki karakteristik lebih stabil dibandingkan limbah awal. RDF yang dihasilkan dapat berbentuk fluff, pellet, atau briket tergantung metode pembentukan dan kebutuhan penggunaannya. RDF memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif karena dapat menggantikan sebagian penggunaan bahan bakar fosil pada proses pembakaran industri.

3. Analisis Nilai Kalor RDF

Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan metode bomb calorimeter untuk mengetahui jumlah energi panas yang dapat dihasilkan oleh RDF. Nilai kalor merupakan parameter utama dalam menentukan kelayakan RDF sebagai bahan bakar alternatif karena menunjukkan potensi energi yang terkandung dalam material. Metode pengujian nilai kalor pada penelitian ini mengacu pada ASTM D5865.

Secara umum, RDF yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif industri biasanya membutuhkan nilai kalor sekitar:

Kategori RDF	Nilai Kalor Acuan
RDF kualitas rendah	> 1.500 kCal/kg
RDF kualitas sedang	2.500 – 4.000 kCal/kg
RDF kualitas tinggi	> 4.000 kCal/kg

Tabel 1. Nilai standart ASTM D5865

No	ΔT (Benzoic Acid) °C	m Benzoic Acid (gram)	Q1 (J/gram)	E (J/C)	T1	T2	ΔT (Sampel) °C	m sampel	Q (J/gram)	Q (Cal/gram)	Jenis Variasi	Jenis Sampel	Hasil akhir
1	0,826	0,4666	26464	14998	28,336	30,192	1,8560	0,9645	27794,26	6642,99	R Plastik Reco (1)	padat	Residu
2	0,826	0,4666	26464	14998	29,989	32,039	2,0500	0,953	30703,32	7338,27	R Plastik Reco (2)	padat	KOSONG
3	0,826	0,4666	26464	14998	0	0	0,0000	0,9937	0,00	0,00	Reject Sludge (1)	padat	GAGAL

Tabel 2. Hasil pengujian nilai kalor

Penjelasan spesifik cara membaca tabel nilai kalor:

- “Tabel ini berisi hasil pengujian nilai kalor dari tiga variasi sampel, yaitu R Plastik Reco (1), R Plastik Reco (2), dan Reject Sludge (1). Pembacaan tabel dimulai dari kolom Jenis Variasi untuk mengetahui sampel yang diuji, kemudian melihat data pengujian seperti massa sampel (m sampel) dan perubahan temperatur (ΔT Sampel) akibat proses pembakaran.
- Pada sampel R Plastik Reco (1), massa sampel yang digunakan sebesar 0,9645 gram dengan perubahan suhu sebesar 1,856°C. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kalor sebesar 27.794,26 J/gram atau setara dengan 6.642,99 Cal/gram.
- Pada sampel R Plastik Reco (2), massa sampel yang digunakan sebesar 0,953 gram dengan perubahan suhu paling tinggi yaitu 2,050°C. Hal ini menghasilkan nilai kalor sebesar 30.703,32 J/gram atau 7.338,27 Cal/gram, sehingga sampel ini menghasilkan energi panas paling besar dibandingkan sampel lainnya.
- Sedangkan pada sampel Reject Sludge (1), proses pengujian tidak menghasilkan perubahan suhu ($\Delta T = 0^\circ\text{C}$) sehingga nilai kalor yang diperoleh adalah 0 J/gram atau 0 Cal/gram. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian sampel tersebut mengalami kegagalan atau tidak terjadi proses pembakaran yang menghasilkan panas.
- Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar nilai ΔT sampel, maka semakin besar pula nilai kalor yang dihasilkan. Dari ketiga sampel, R Plastik Reco (2) memiliki potensi energi paling tinggi dengan nilai kalor sebesar 7.338,27 Cal/gram.”

Dengan Perbandingan :

Sampel RDF	Hasil uji RDF	Standart ASTM D5865	Evaluasi
------------	---------------	---------------------	----------

Reject Plastik, Reco (1)	6.642,99 kCal/kg	> 4.000 kCal/kg	Memenuhi
Reject Plastik, Reco (2)	7.338,27 kCal.kg	> 4.000 kCal/kg	Memenuhi
Reject Sludge	0 kCal/kg	< 1.500 kCal?kg	Tidak Memenuhi

Tabel 3. Perbandingan hasil uji dan standart ASMT D5865

Berdasarkan hasil pengujian, RDF dengan komposisi reject plastik, reject reco, dan sludge menunjukkan nilai kalor sebesar (isi hasil). Nilai tersebut menunjukkan bahwa material limbah industri memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Tingginya kontribusi reject plastik dan reject reco terhadap nilai kalor disebabkan oleh kandungan material yang lebih mudah terbakar dibandingkan sludge.



Gambar 5. Dokumentasi pengujian nilai kalor

4. Analisis Uji Proksimat RDF

Pengujian proksimat dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran RDF melalui parameter kadar air (moisture), kadar abu (ash content), kadar zat menguap (volatile matter), dan karbon terikat (fixed carbon). Pengujian ini penting karena setiap parameter memberikan pengaruh terhadap kualitas pembakaran bahan bakar.

a. Kadar Air (Moisture)

Kandungan air menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi performa pembakaran bahan bakar RDF. Semakin tinggi kadar air, maka semakin besar energi yang diperlukan untuk proses penguapan sehingga energi yang tersedia untuk pembakaran menjadi berkurang.

Metode yang digunakan pada uji Moisture mengacu pada ASTM D3172 – Standart Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke

ASTM D3172 tidak menetapkan batas maksimum kadar air untuk RDF, karena standar tersebut merupakan metode pengujian, bukan standar spesifikasi bahan bakar. Oleh karena itu, evaluasi dilakukan menggunakan standar kualitas RDF yang umum digunakan.

Kriteria umum RDF:

- RDF pellet: kadar air sekitar 8–12%
- RDF briket: kadar air sekitar 15–19%
- RDF fluff: umumnya <20%

Artikel juga mencantumkan target kadar air RDF:

- RDF fluff: kurang dari 20%
- RDF pellet: 8–12%

- RDF briket: 15–19%

Hasil pengujian (terlampir)

No.	Nama contoh	Jenis uji	Hasil	Satuan	Metode pengujian
1.	RDF (Reject Sludge)	Kadar air	3,28	%	Gravimetri
2.	RDF (Reject plastik dan reject reco)		3,63		
3.	RDF (Reject plastik dan reject reco)		3,6		

Tabel 4. Hasil pengujian kadar air (Moisture)

Berdasarkan hasil pengujian:

- Seluruh sampel RDF memenuhi persyaratan kadar air untuk bahan bakar alternatif, karena nilai moisture berada pada rentang 3,28–3,63%, jauh lebih rendah dibandingkan batas umum RDF (<20%).
- Nilai moisture yang rendah menunjukkan bahwa proses pengeringan material RDF berhasil mengurangi kandungan air, sehingga meningkatkan potensi pembakaran. Hal ini sesuai dengan pembahasan artikel bahwa proses pengeringan mampu menurunkan kadar air material dan meningkatkan kualitas RDF sebagai bahan bakar.
- Sampel reject plastik + reject reco memiliki kadar air sedikit lebih tinggi dibandingkan sludge, tetapi perbedaannya kecil dan masih berada dalam kategori baik.
- Secara keseluruhan, parameter moisture RDF pada penelitian ini sudah memenuhi karakteristik bahan bakar RDF, karena kandungan air rendah sehingga tidak menyebabkan penurunan signifikan terhadap nilai kalor dan proses pembakaran.

Berdasarkan hasil tersebut, kadar air RDF menunjukkan bahwa proses pengeringan yang dilakukan mampu menurunkan kandungan air pada material sehingga meningkatkan potensi penggunaannya sebagai bahan bakar.

Dengan Perbandingan :

Sampel	Hasil Uji Moisture	Batas Acuan RDF	Hasil Evaluasi
Sludge	3,28 %	< 20 %	Memenuhi
Reject Plastik, Reco (1)	3,63 %	< 20 %	Memenuhi
Reject Plastik, Reco (2)	3,60 %	< 20 %	Memenuhi

Tabel 5. Perbandingan hasil uji dan standart ASMT D3172



Gambar 6. Dokumentasi tes pengujian kadar air

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik RDF, pemanfaatan reject plastik, reject reco, dan sludge 5 Evaluasi Potensi RDF sebagai Bahan Bakar Alternatif

menunjukkan peluang sebagai bahan bakar alternatif. Pengolahan limbah menjadi RDF memberikan keuntungan berupa pengurangan jumlah limbah yang harus dibuang sekaligus meningkatkan nilai ekonomi material sisa produksi.

RDF hasil pengolahan dapat digunakan sebagai substitusi sebagian bahan bakar konvensional pada sistem pembakaran industri apabila karakteristiknya memenuhi kebutuhan pengguna. Parameter utama yang menentukan kelayakan tersebut adalah nilai kalor

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian pemanfaatan reject plastik, reject reco, dan sludge sebagai bahan baku Refuse Derived Fuel (RDF), dapat disimpulkan bahwa ketiga jenis limbah industri tersebut memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif. Proses pengolahan melalui tahapan pemilahan, pengecilan ukuran, pengeringan, dan pencampuran mampu mengubah material limbah menjadi RDF dengan karakteristik pembakaran yang lebih sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi bahan penyusun RDF berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar, terutama terhadap nilai kalor dan parameter proksimat. Reject plastik dan reject reco berperan sebagai sumber energi utama karena memiliki kandungan material yang mudah terbakar, sedangkan sludge berfungsi sebagai material campuran yang perlu dikendalikan terutama pada aspek kadar air dan kadar abu. Berdasarkan hasil pengujian nilai kalor, RDF dari kombinasi reject plastik dan reject reco menunjukkan potensi energi yang lebih baik dibandingkan RDF berbahan sludge, sedangkan hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa proses pengeringan mampu menurunkan kandungan air sehingga meningkatkan peluang pemanfaatan RDF sebagai bahan bakar alternatif. Secara keseluruhan, pemanfaatan reject plastik, reject reco, dan sludge menjadi RDF dapat menjadi salah satu solusi dalam mengurangi jumlah limbah industri sekaligus meningkatkan nilai tambah material sisa produksi serta berpotensi digunakan sebagai substitusi sebagian bahan bakar konvensional pada proses pembakaran industri dengan mempertimbangkan parameter kualitas seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, volatile matter, dan fixed carbon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian dan penyusunan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan fasilitas dan kesempatan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Ibu Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses persiapan bahan, pengujian karakteristik RDF, pengolahan data, serta penyelesaian penelitian ini.

Semoga penelitian mengenai pemanfaatan reject plastik, reject reco, dan sludge sebagai bahan baku Refuse Derived Fuel (RDF) ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan energi alternatif serta mendukung pengelolaan limbah industri yang lebih berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] ASTM International. (2022). ASTM D5865: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. ASTM International.
- [2] ASTM International. (2021). ASTM D3172: Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke. ASTM International.
- [3] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill.
- [4] World Bank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank.
- [5] European Commission. (2018). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration*. Publications Office of the European Union.
- [6] International Solid Waste Association (ISWA). (2013). *Guidelines for Sustainable Waste Management*. ISWA.
- [7] Christensen, T. H. (2011). *Solid Waste Technology & Management*. Wiley.
- [8] Cheremisinoff, N. P. (2003). *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*. Butterworth-Heinemann.
- [9] Arena, U. (2012). Process and technological aspects of municipal solid waste gasification: A review. *Waste Management*, 32(4), 625–639.
- [10] Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2015). Waste to energy – Key element for sustainable waste management. *Waste Management*, 37, 3–12.
- [11] Montejo, C., Costa, C., & Márquez, M. C. (2011). Analysis and comparison of municipal solid waste and reject fraction as refuse derived fuel. *Waste Management*, 31(5), 1034–1043.
- [12] Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. T. (2010). Production and quality assurance of solid recovered fuels using refuse derived fuel technology. *Waste Management*, 30(12), 2345–2357.
- [13] Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2002). RDF production plants: I Design and costs. *Applied Thermal Engineering*, 22(4), 423–437.
- [14] Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2002). RDF production plants: II Economics and profitability. *Applied Thermal Engineering*, 22(4), 439–448.
- [15] Khan, M. A., & Abu-Ghararah, Z. H. (2020). Refuse Derived Fuel (RDF) as an alternative energy source: Characteristics and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [16] Makarichi, L., Jutidamrongphan, W., & Techato, K. (2018). The evolution of waste-to-energy incineration: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 812–821.
- [17] Rada, E. C., Ragazzi, M., & Panaitescu, V. (2009). Critical analysis of RDF production processes. *Environmental Technology*, 30(2), 147–155.
- [18] Lombardi, L., Carnevale, E., & Corti, A. (2015). A review of technologies and performances of thermal treatment systems for RDF. *Waste Management*, 44, 1–14.
- [19] Tabasová, A., Kropáč, J., Kermes, V., Nemet, A., & Stehlik, P. (2012). Waste-to-energy technologies: Impact on environment. *Energy*, 44(1), 146–155.
- [20] Dalibor, J., & Jana, K. (2014). Alternative fuels from waste materials and their utilization in industry. *Journal of Environmental Management*.
- [21] Psomopoulos, C. S., Bourka, A., & Themelis, N. J. (2009). Waste-to-energy: A review of the status and benefits. *Waste Management*, 29(5), 1718–1724.
- [22] Kurniawan, T. A., & Lo, W. H. (2009). Feasibility analysis of municipal solid waste management for energy recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2192–2200.
- [23] Damgaard, A., Manfredi, S., & Christensen, T. H. (2011). Environmental assessment of waste management systems. *Waste Management*, 31(6), 1191–1200.
- [24] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Pedoman Pengelolaan Sampah dan Pemanfaatan Sampah Menjadi Energi*.
- [25] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik.